

VESIHALLITUKSEN MONISTESARJA

1982:112

JOKIEN KÄYTTÖVAIHTOEHTOJEN
TALOUDELLISUUS

Seminaarin esitelmät



1982:112

JOKIEN KÄYTTÖVAIHTOEHTOJEN
TALOUDELLISUUS

Seminaarin esitelmät

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona.

Oulun yliopiston Kansantaloustieteen laitos ja Perämeren tutkimusasema
Vesihallitus

Suomen Akatemian MAB-toimikunta ja Ympäristöntutkimuksen jaosto

JOKIEN KÄYTTÖVAIHTOEHTOJEN TALOUDELLISUUS

Seminaari Oulussa 25.-26.3.1982

Linnanmaa, Luentosali 10

Ohjelma

Torstai 25.3.

- | | |
|---------------|--|
| 08.00 - 09.30 | Ilmoittautuminen |
| 09.30 - 09.40 | Seminaarin avaus. Maaherra Erkki Haukipuro |
| 09.40 - 10.20 | Jokien voimatalouskäyttö. Markku Nurmi, Elinkeinohallitus |
| 10.20 - 11.00 | Voimatalous Pohjanmaan joilla. Martti Soini, Revon Sähkö |
| 11.00 - 11.40 | Jokivesistöjen hydrologinen käyttäytyminen erilaisten vesistöön ja vesistöalueeseen kohdistuneiden toimenpiteiden seurauksena. Esko Kuusisto, Vesihallitus |
| 11.40 - 12.00 | Keskustelu |
| 12.00 - 13.00 | Lounasaika |
| 13.00 - 13.40 | Maatalous ja tulvasuojelu. Tapani Vääntinen, Mikkelin läänin Maatalouskeskus |
| 13.40 - 14.20 | Ruotsin jokien kalantuotanto ja vesistöjen muuttuminen. Östen Karlström, Fiskeri-intendentin virasto, Luleå |
| 14.20 - 15.00 | Pohjanmaan jokien kalataloudellinen käyttö. Tapani Valtonen, Oulun yliopisto, Perämeren tutkimusasema |
| 15.00 - 15.20 | Kahvitauko |
| 15.20 - 16.00 | Vesihallinnon Pohjanmaa-työryhmän tulokset. Heikki Nikkarikoski, Kokkolan Vesipiiri |
| 16.00 - 16.40 | Käyttövaihtoehtojen taloudellisuus Lestijoella. Kari Savolainen, Oulun yliopisto, Kansantaloustieteen laitos |
| 16.40 - 17.00 | MAB-toimikunnan puheenvuoro. Hannu Mansikkaniemi, Turun yliopisto, Maantieteen laitos |
| 19.00 - 20.30 | Kaupungin vastaanotto |

Perjantai 26.3.

- 08.30 - 09.10 Elohopean esiintyminen kaloissa ja vesistöissä.
Matti Verta, Vesihallitus
- 09.10 - 09.40 Turvetuotannon vesistövaikutukset. Tapani Sallantaus,
Helsingin yliopisto, Limnologian laitos
- 09.40 - 10.20 Pyhäjoen perkausten vaikutus Pyhäjoen rapukantaan.
Asko Niemi, Kokkolan Vesipiiri
- 10.20 - 11.00 Förbättring av fiskälvar i Sverige. P.O. Larsson ja
Kurt Ericksson, Laxforskningsinstitutet
- 11.00 - 11.30 Keskustelu
- 11.30 - 12.30 Lounasaika
- 12.30 - 13.10 Vesistöarakentamisen aluetaloudelliset vaikutukset.
Esko Lakso, Vesihallitus
- 13.10 - 13.50 Yhdyskuntataloudelliset tekijät. Paavo Littow, Oulun
lääninhallitus
- 13.50 - 14.00 Loppukeskustelu
- 14.00 - 14.25 Yhteenveto ja mahdolliset suositukset
- 14.25 - 14.30 Seminaarin päättäminen
- 14.30 Loppukahvit

Järjestelytoimikunnan sihteeri FM Kaisa Heikkinen
Osoite: Oulun yliopisto, Perämeren tutkimusasema,
Torikatu 7, 90100 Oulu 10, puh. 981-227559

T O R S T A I 25.3.1982

25.3.1982

Tekniikan tohtori Markku Nurmi

"Jokien käyttövaihtoehtojen
taloudellisuus" -seminaari
Oulun yliopisto

J O K I E N V O I M A T A L O U S K Ä Y T T Ö

Suomen uusi energiatilanne

Pelko energialähteiden niukkuudesta on muuttunut ainakin tilapäisesti pahenevaksi ylikapasiteettiongelmaksi. Lähes kaikkia energiamuotoja voitaisiin tuottaa enemmän kuin mitä tarvitaan tämän päivän taittuneen kasvun maailmassa. Energian kulutus kasvoi Suomessa vuosittain 9,1 prosenttia vuosina 1960-1974. Ensimmäisen ja toisen öljykriisin väliaikana 1974-1979 kasvoi energian kulutus enää 2,4 prosenttia ja vuonna 1981 vain noin 1,2 prosenttia. Vuonna 1982 energian kokonaiskulutus nousee tuskin lainkaan. Vanhoista kasvutrendeistä ei siten ole paljoa apua arvioitaessa tulevaa energian tarvetta.

Energian tuontilasku jatkaa sen sijaan jyrkkää nousuaan. Vuonna 1981 jouduttiin energian tuonnista maksamaan 18.600 miljoonaa markkaa, mikä oli ennätykselliset 30,4 prosenttia koko tuonnin arvosta. Joka kolmas vientimarkka menee nyt tuontienergian maksamiseen.

Ennen ensimmäistä öljykriisiä oli energian tuonti vain noin 10 prosenttia kokonaistuonnin arvosta. Neuvostoliiton tuonnista energian osuus on noussut peräti 85 prosenttiin. Suomen nopeasti kasvaneet idän vientitoimitukset ovat siten olleet ratkaisevasti kiinni energialaskun noususta, koska viennin vaihtosuhte heikkeni huomattavasti toisen öljykriisin jälkeen. Saman öljytonnimäärän ostamiseen on nyt tehtävä enemmän suomalaista työtä. Tämä näkyi parina vuotena OECD-maiden korkeimpana bruttokansantuotteen kasvuprosenttina, mutta myös nousseena inflaationa. Mikäli öljyn hinta tasaantuu ei idän vientistä olekaan enää lähivuosina samaa vetoapua.

Suomessa käytettiin 1981 energiaa yhteensä 25 miljoonaa öljytonnia vastaava määrä. Tästä saatiin kotimaasta ainoastaan 32 prosenttia. Energiahuollon omavaraisuusaste parani kuitenkin 3 prosenttiyksikköä edellisestä vuodesta runsaan vesivoiman tarjonnan seurauksena.

Silmiinpistävää oli ydinvoiman kohonnut osuus. Ydinvoimalla saatiin Suomessa kokonaisenergiasta peräti 14 prosenttia kun ydinvoiman osuus teollisuusmaissa yleensä on vain noin 3-4 prosenttia kokonaisenergian tuotannosta. Esimerkiksi Yhdysvalloissa ydinvoimasta saatiin vain noin 4 prosenttia kokonaisenergian tarpeesta. Neuvostoliitossa ydinvoiman osuus oli vieläkin alhaisempi.

Kaikkiaan energiaa kulutettiin 1981 Suomessa seuraavasti:

	energian kulutus (Mtoe)	osuus (%)
tuontien energia		
- öljy	10.59	42
- hiili	1.82	7
- maakaasu	0.63	3
- ydinvoima	3.49	14
- tuontisähkö (netto)	0.56	2
tuontien energia yhteensä	17.09	68
 kotimaiset energialähteet		
- vesivoima	3.36	13
- turve	0.49	2
- puu ja puujäte ym.	4.40	17
kotimainen energia yhteensä	8.34	32
 ENERGIAN KULUTUS YHTEENSÄ	25.34	100 %

Ydinsähkön osuus 34 %

Sähkön tuotannosta ydinvoiman osuus oli Suomessa vuonna 1981 peräti 34 prosenttia. Tämä oli korkein ydinvoimaosuus maailmassa.

Kaikkiaan käytettiin Suomessa vuonna 1981 sähköä 41 TWh, joka saatiin seuraavista lähteistä:

	tuotanto (TWh)	osuus (%)
ydinvoima	13.97	34
vesivoima	13.42	32
kaukolämpövoima	3.75	9
teollisuuden vastapaine	5.49	13
hiililauhdevoima ym.	2.45	6
sähkön tuonti	2.77	7
	-----	-----
hankinta	41.85	101
- vienti	0.53	-1
KOKONAISKULUTUS	41.32	100 %

Ydinsähkön osuus sähkön kokonaiskulutuksesta oli vuonna 1980 korkein seuraavissa maissa:

	ydinsähkön osuus (%)
SUOMI (1981)	33.8 %
Sveisti	27.2 %
Ruotsi	27.0 %
Ranska	23.6 %
Belgia	21.3 %
Bulgaria (1979)	n. 18.0 %
SUOMI (1980)	16.7 %
Japani	13.8 %
Yhdysvallat	11.3 %
Saksan LT	11.1 %
Kanada	10.1 %
Saksan DT (1979)	n. 8.0 %
Neuvosoliitto	n. 6.0 %

Suomessa ydinsähkön osuus kaksinkertaistui vv. 1980-1981 koska Loviisa II ja Olkiluoto II käynnistyivät ja kaksinkertaistivat ydinvoimalakapasiteetin 2.200 MW:iin. Suomen pieneen 4,7 miljoonaa ihmisen kulutukseen tällainen lisäys oli tuntuva.

Ydinvoiman säätöongelmat

Sähkön kulutus vaihtelee yön ja päivän sekä Suomessa erityisesti pohjoisen sijaintimme takia kesän ja talven välillä. Mikäli suoran sähkölämmityksen osuus kasvaa, jyrkentyvät vuodenaikaiset kulutuserot edelleen, koska sähkölämmitys kasvattaa talven kulutushuippua.

Sähkön ja lämmitysenergian kysyntähuippu sattuu talveen. Kesällä kysyntä tippuu energialajista riippuen noin puoleen. Toisaalta aurinkoenergiaa tulee kesällä runsaasti.

Suuren ydinvoimaosuuden myötä kasvavat sähkön tuotantojärjestelmän säätöongelmat. Ydinvoimaa ei saa käyttää lainkaan vuorokausisäätöön ja vain varsin rajoitetusti muuhun säätöön. Jatkuvan säädön pelättään heikentävän mm. ydinreaktorissa sijaitsevia polttoaine-elementtejä.

Ydinvoiman ohella tuotetaan sähköä myöskin ympärivuorokautisesti puunjalostusteollisuuden prosesseihin liittyvissä voimaloissa ja kaukolämmön takia käytetyissä voimaloissa. Lisäksi sähkön tuonti on osittain kiinteää. Myöskään vesivoimaa ei voida rajatta varastoida vesistöjen varrella asuvien ihmisten pelloille.

Tämä pakollisen sähkön tuotannon osuuden kasvu lisää paineita helposti säädettävään tuotantokapasiteettiin, joita ovat periaatteessa vesivoima ja öljyä käyttävät kaasuturbiinit. Koska öljy on kallista, paine kohdistuu lähes yksinomaan vesivoimaan.

Suomen sähköntuotantojärjestelmän kehityssuunnitelmat eivät kuitenkaan ole ottaneet riittävästi huomioon näitä kansallisia erityispiirteitä. Ulkomaisiin esikuviin vedoten yrittään rakentaa Suomen pieneen ja oikulliseen kulutusrakenteeseen lisää sopimattomia mummotteja. Jos tarkastelu suoritetaan kapea-alaisesti saattavat nämä näyttää taloudellisilta-kin. Laskelmissa ei kuitenkaan yleensä oteta riittävästi huomioon kasvavia säätökustannuksia, kasvavaa varavoiman tarvetta sekä taloudellisten ja turvallisuusriskien kasvua. Myöskään jäteongelmaa, purkukustannuksia eikä muita ympäristöongelmia ole juurikaan kustannuslaskelmissa mukana.

Erityisen huolestuttavaa taloudellisessa mielessä on se, että ydinvoimayhtiöillä ei ole riittäviä vakuuksia onnettomuustilanteissa. Ylisuurten riskien takia eivät näet vakuutusyhtiöt suostu vakuuttamaan ydinvoimaloita. Tämän seurauksena esimerkiksi Harrisburgin ydinvoimalaa ylläpitänyt yhtiö on ajautunut taloudelliseen kriisiin. Pelastukseen yhtiö yrittää saada USA:n liittovaltion veronmaksajilta noin 3.000 miljoonaa markkaa "puhdistuskuluihin". Yhtiön omat varat ja vakuutukset riittivät vain noin 1000 miljoonaan markkaan asti.

Vesivoiman arvo nousee

Tuotantorakenteen jäykistymisen seurauksena vesivoiman arvo säätövoimana on noussut huomattavasti. Mikäli kulutushuiput edelleen terävöityvät esim. suoran sähkölämmityksen lisäämisen seurauksena kasvaa säätövoiman tarve edelleen.

Tämä lisää paineita uusien vesivoimahankkeiden rakentamisessa vaikka kokonaisenergian tarpeen kannalta ei sinänsä uutta tuotantokapasiteettia tarvittaisikaan.

Sähkön tuotantokapasiteetista seisoo nykyisin talven kulutushuipunkin aikana noin neljännes eli 2.500 MW, vaikka laskettaisiinkin normaali varavointeja pois päältä. Kesällä ylimääräistä tuotantokapasiteettia on noin kaksinkertainen määrä, riippuu tosin siitä miten ydinvoimaloiden huoltoseisokit ajoittuvat. Suomen kannalta olisi järkevämpää suosia joustavia, helposti vuodenaikojen mukaan säädettäviä ja varastoitavia energialajeja, aurinkoenergiaa kokoavan biomassan tuotantoa, yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa ja yleensäkin joustavia, pieneköjä tuotantoyksiköjä (liitekuva).

Esimerkiksi Imatran Voima Oy:n Inkoossa sijaitsevat uudet 1000 MW kivihiilivoimalat joutuvat lähivuodet seisomaan odottamassa sähkön kulutuksen kasvua tai vakavaa häiriötä ydinvoimaloissa. Yleensäkin Imatran Voima Oy:n voinee ajaa vain noin puolella kapasiteetillaan, koska teollisuus ja kaupungit käyttävät itse tuottamansa sähkön, jolloin ylikapasiteetti yhteiskäyttöjärjestelmästä huolimatta uhkaa jäädä pääosin Imatran Voiman Oy:n kustannuksiksi. Esimerkiksi Inkoon seisovilla hiilivoimaloilla pidetään kuitenkin noin 450 hengen miehitys. Tämä maksaa pääomakustannusten ohella vuosittain melkoiset summat.

Pumppuvoimala ydinsähkövarastona

Ydinvoiman säätöongelmien takia Imatran Voima Oy kaavailee myöskin noin 450 MW tehoisen pumppuvoimalan rakentamista Korpilahdelle Päijänteen rannalle. Korospohjaan rakennettavaksi kaavailtuun ydinsähkön varastoon on tarkoitus pumpata yöaikaan ydinsähköllä vettä noin 100 metrin korkeudella sijaitsevaan järveen ja laskea sitten sama vesi alas päivän kulutushuipun aikana. Veden pinnan vaihteluväli järvestä voisi olla vuorokauden sisällä jopa 25 metriä. Veden alasjuoksutus aiheuttaisi arviolta 0.8 metrin aallokon vuoren juurella olevaan lahteen.

Tämä noin 850 miljoonan markan hankkeen kustannukset tulisi laskea mukaan Imatran Voima Oy:n kaavaileman uuden 1000 MW:n ydinvoimahankkeeseen kannattavuuslaskelmaan. Nyt ydinvoimalahankkeeseen ei oteta läheskään kaikkia sen välttämättömiä sivukustannuksia. Myöskään jätehuollon ja ydinvoimalan purkamiskustannusten osalta laskelmat eivät ole luotettavia.

Toinen hajautettu vaihtoehto ydinsähkön varastoimiseksi on varaava sähkölämmitys, jolloin yösähköllä lämmitetään lämpökattiloiden vettä.

Tulonsiirto Etelä-Suomeen

Kesällä sähkön kulutus alenee lähes puoleen talven kulutushuipusta. Kun ydinvoimaa ei saa käyttää vuorokausisäätöön ja muukin säätö on vaikeaa, joudutaan kulutuksen vaihtelu säätämään lähinnä vesivoimalla. Tässä säädössä on keskeisessä asemassa Kemijoki Oy ja Oulujoki Oy, jotka myyvät vesivoimansa lähinnä Imatran Voima Oy:lle säätövoimaksi.

Tämän säätövoiman arvo on nousemassa melkoisesti. Tämä näkyy myös Vuotoksen ja Siuruan altaan ja Ounasjoen rakentamispyrkimyksissä.

Vesivoimayhtiöt ovatkin oikeita rahasampoja. Kun Oulujoki Oy myi vuonna 1980 pääyhtiölleen Imatran Voima Oy:lle vesivoimaansa 3,9 p/kWh keskihintaan, lienee tämän sähkön käypä arvo noin 20-25 p/kWh. Imatran Voima Oy:n vuonna 1980 tästä saama taloudellinen etu lienee noin 200-300 miljoonaa markkaa laskutavasta riippuen. Vastaava tulonsiirto Kemijoki Oy:ltä Imatran Voiman hyväksi oli noin 350-450 miljoonaa markkaa. Vuoden 1981 hyvän vesivoimatilanteen seurauksena aleni Oulujoki Oy:n ja Kemijoki Oy:n myymän sähkön hinta edelleen, samalla kun myydyn sähkön määrä lisääntyi. Tämä kasvatti tulonsiirtoa edelleen.

Pohjoisen vesivoimalla tuetaan siten Etelä-Suomea joka vuosi 500-700 miljoonalla markalla. Tämä lienee suurin yksittäinen tulonsiirto maassamme ja samalla aikamoinen tuki ainoastaan peruskuormaa ajavalle ydinvoimalle. Rahaa riittänee myöskin pääkonttorin ydinvoimamiesten palkkoihin ja seisovan Inkoon hiilivoimalan "ylläpitoon".

Kun pohjoisen vesivoimayhtiöiden poistot ovat loppuun suoritettut, alenee näiden tuottaman vesivoiman laskennalliset tuotantokustannukset edelleen. Samaan aikaan nousevat kivihiilen ja öljyn hinnat ja ydinjätteen hoitokulut. Tämän seurauksena tulee tulonsiirto edelleen kasvamaan, mikäli hinnoitteluperustusta ei tarkisteta.

Imatran Voima Oy pyrkiikin fuusioimaan Oulujoki Oy:n itsensä, jotta kasvavaa tulonsiirtoa ei näkyisi ulospäin. Yhtiö on ostanut muut osakkaat pois ja pyrkinee toteuttamaan fuusion vähin äänin.

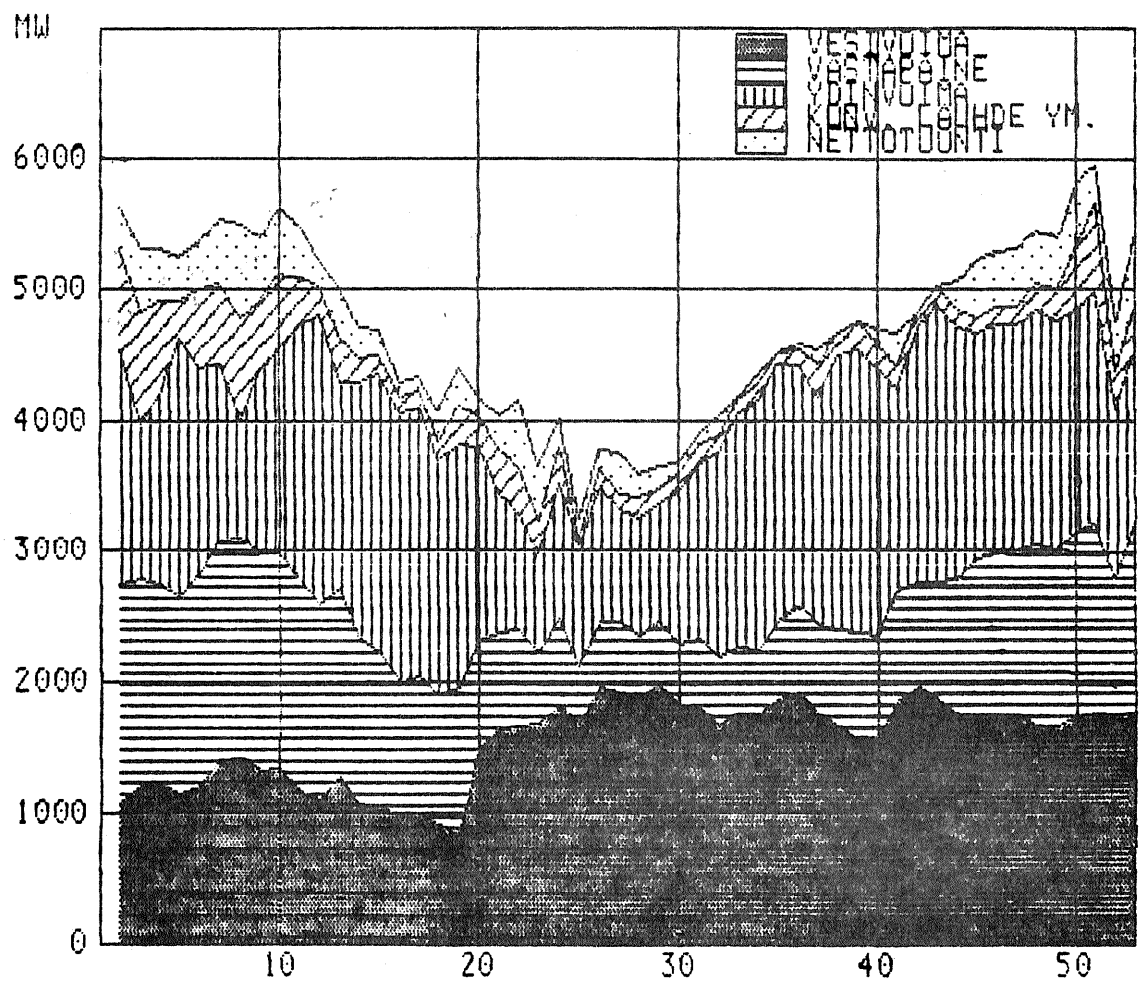
Tähän fuusioon ei pitäisi suostua. Oulujoki Oy pitäisi säilyttää itsenäisenä osakeyhtiönä. Päinvastoin voitaisiin vaatia, että Oulujoki Oy:n tulee myydä jokialueen elinkeinoelämälle ja sähkön jakeluyhtiölle sähköä samoin eduin kuin Imatran Voimallekin etelään siirrettäväksi.

Samoin vuosikymmeniä vitkutelleet korvaukset tulisi maksaa reilusti. Vuoden 1981 ja 1982 vesivoimavarastojen jokivarsiasuk-kaille aiheuttamat tulvavahingot tulisi myös korvata riidatta. Nämä ovat pieniä rahoja ylimääräisen vedentulon aikaansaamaan sähkötuloon verrattuna.

Halpa sähkö voisi antaa todella tuntuvaan piristysruiskeen koko Oulujoki- ja Kemijokialueen elinvoimalle. Kehitysalueiden luonnonvarojen jatkuvalle riistolle tulisi pistää vihdoin sulku. Oulunjoen vesivoima voisi olla hyvä aloituspiste tähän uuteen ja oikeudenmukaisempaan ajatteluun. Samaan ajatteluun jota maailman perspektiivissä tarjoaa esimerkiksi Yhdistyneitten Kansakuntien julistus maailman uudesta taloudellisesta järjestyksestä. Tällä tarkoitetaan mm. kehitysmaiden oikeuksia omien luonnonvarojensa täysimittaiseen hallintaan ja niistä saatavaan taloudelliseen hyötyyn.

Lii te I

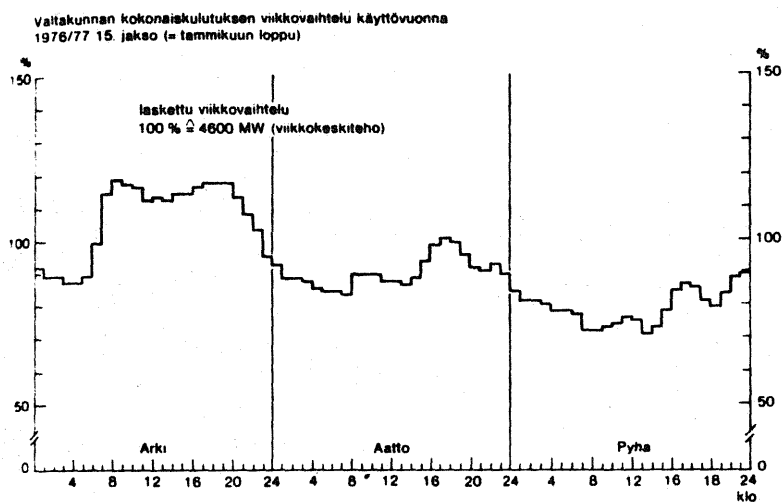
KOKONAISKULUTUKSEN VIIKKOTEHOT 1980/81



tammikuu

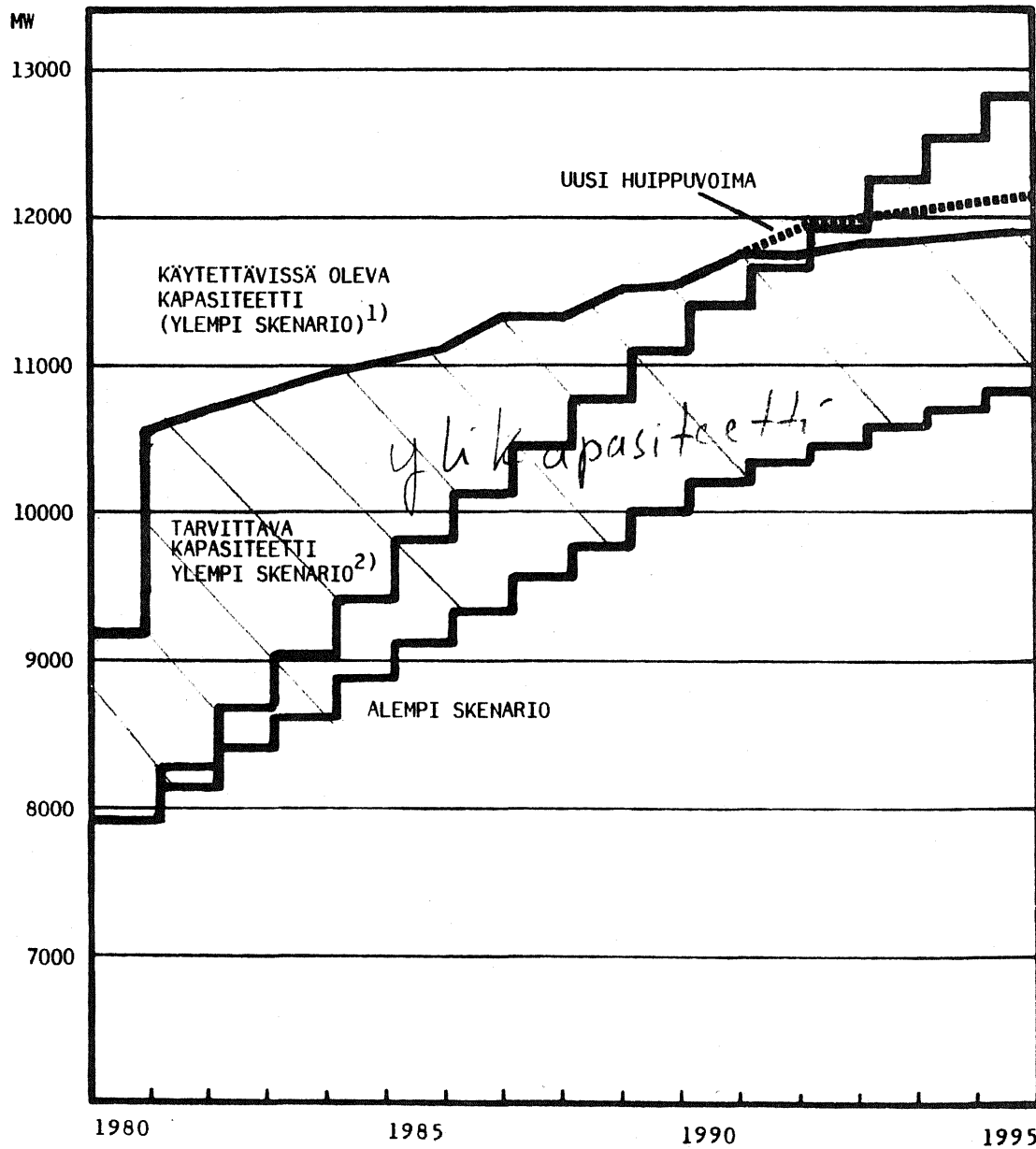
joulukuu

**Sähkön kulutuksen vaihtelu vuorokaudenajan mukaan
työpäivänä, lauantaina ja sunnuntaina. Esimerkkinä
tammikuun 1977 viikkokeskiteho 4 600 MW**



Sähkön kulutuskäyttäytyminen poikkeaa arkipäivien ja viikonlo-
pun välillä. Lauantaina ja sunnuntaina kulutetaan sähköä tasai-
semmin ja vähemmän. Vuorokauden sisällä kulutus voi vaihdella
vajaat 2 000 MW

SÄHKÖN HANKINTAKAPASITEETTI



1) Sisältää uudet kaukolämpövoimalaitokset ja teollisuuden prosessivoimalaitokset sekä oletuksen sähkön tuonnin jatkumisesta. Ei sisällä uusia suurvoimalaitoksia.

2) Mitoitusparametrit

- huipun käyttöaika 5 800 h/a
- varavoima 17 %

Martti Soini
Revon Sähkö Oy

VOIMATALOUS POHJANMAAN JOILLA

Pohjanmaan jokien vesivoimaa otettiin käyttöön jo viime vuosisadalla. Esimerkkinä 1800-luvun puolivälissä laillistetuista vesivoiman käyttöpaikoista on mm. Pyhäjoen yläjuoksulla Vesikoski, jossa jalostettiin Pyhäjärvestä nostettua rautamalmia.

Ensimmäisen maailmansodan jälkeen alkoi sähköistys myös Suomen maaseudulla päästä alkuun. Vesivoimaa otettiin koskista aluksi lähiympäristön käyttöön. Vähitellen sähköverkostoja alettiin laajentaa, mikä merkitsi samalla myös isompien voimalaitosten rakentamista.

Myös Pohjanmaan vesivoimaa alettiin ottaa sähköntuotannon käyttövoimaksi. Esimerkkeinä tästä ovat Jyllinkosken Sähkö Oy:n, Korpelan Voiman ja Voima Oy Pöyryn perustamiset. Nämä yritykset aloittivat alueellisen sähkönjakelun jo 1910--1920 -luvuilla. Sähköntuotannon käyttövoimana oli Kyrönjoen, Lestijoen ja Siikajoen vesivoima.

Sähköistys levisi Pohjanmaalla kuten muuallakin maassa laajamittaisesti haja-asutusalueille vasta sotien jälkeen. Tämä merkitsi myös kalliita verkostoinvestointeja ja sitä, että sähkön hankinnassa oli turvauduttava pääasiassa ulkopuolisiin ja laajempiin sähköntuotanto- ja siirtojärjestelmiin.

Pohjanmaan vesivoima oli kuitenkin se siemen, mistä nykyiset sähkönjakelujärjestelmät saivat alkuvoimansa.

POHJANMAAN JOKIEN RAKENTAMINEN

Maatalouden kehittäminen edellytti 1950-luvulla laajamittaista kuivatustoimintaa ja tulvasuojelua. Kun vesistöjärjestelyjä tehtiin tulvasuojelun tehostamiseksi tuli myös nykyaikaiseen sähköntuotantoon soveltuvan voimantuotannon hyödyntäminen mahdolliseksi. Jokien perkaukset ja säännöstelyjen toteuttaminen soveltuvat monissa tapauksissa toteutettaviksi samaan aikaan voimalaitosten rakentamisen kanssa, ja niistä saatava hyöty on tulvasuojelun kanssa samansuuntainen. 1960-luvulla tuli vesistösuunnitelmien lähtökohdaksi laajamittainen vesien moninaiskäyttö. Tältä pohjalta tehtyihin suunnitelmiin kuuluivat oleellisena osana tekojärvet.

Monen voimalaitoshankkeen toteuttaminen liittyy yhtenä osana vesistöjen kokonaisjärjestelyihin. Järjestelyjen muina lähtökohtina ovat tällöin mm. tulvasuojelu, kesäaikaisten alivirtaamien nostaminen ja vesistön virkistyskäyttö. Kokonaisjärjestelyissä pyritään ottamaan huomioon yleistä hyötyä edustavat intressit.

Yleisten intressien tavoitteet ovat Pohjanmaan jokien vesistösuunnitelussa päinvastaisista väitteistä huolimatta hyvin samansuuntaiset kuin vesivoiman käytön intressit. Alivirtaamien nostaminen kuivina

aikoina palvelee vähävetisissä joissa niin vesien virkistyskäyttöä ja kalataloutta kuin vesivoimankin käyttöä. Tulvahuippujen vähentäminen on kaikkien jokivarsiasukkaiden etujen mukaista. Varastoimalla tulvahuiput tekojärviin voidaan alivirtaamia kuivina aikoina lisätä.

POHJANMAAN VESIVOIMA

	Käytössä oleva		Suunniteltuja rakennus-	
	Teho MW	Energia GWh/a	Teho MW	Energia GWh/a
Siikajoki	4,6	15,8	18,0	72,8
Pyhäjoki	3,3	13,6	18,8	60,0
Kalajoki	10,3	22,6	12,0	47,1
Lestijoki	1,0	4,7	10,8	21,4
Perhonjoki	0,1	0,7	20,2	70,0
Ähtävänjoki	9,8	43,0	1,3	6,8
Lapuanjoki	9,3	29,3	8,9	35,3
Kyrönjoki	16,6	54,3	10,0	38,6
yhteensä	55,0	184	100,0	352,0

Suunniteltu rakentaminen vastaa vain osittaista jokien porrastamista. Kokonaisporrastuksen mukainen teoreettinen energiamäärä vastaisi jo Siika-, Pyhä- ja Kalajoen osalta laskien yhteensä 490 GWh/v.

KTM:n vesivoimatyöryhmän mietinnössä v. 1981 on esitetty myös Pohjanmaan jokien vesivoiman rakentamismahdollisuudet. Mietinnössä todetaan, että Pohjanmaalla on rakennettavissa olevaa vesivoimaa uudet kohteet ja vanhojen voimalaitosten saneeraukset huomioon ottaen yhteensä 401 GWh energiaa ja 115 MW tehoa. Lähempi hankesuunnittelu osoittaa tarkemmin rakennusasteen, mikä vaikuttaa tuottoon ja rakennuskustannuksiin.

Kun lasketaan yhteen käytössä oleva ja KTM:n vesivoimatyöryhmän mukaan rakennettavissa oleva Pohjanmaan vesivoima, saadaan vuotuiseksi energiatuotoksi 585 GWh ja tehoksi 170 MW.

Pohjanmaalla käytössä ja rakennettavissa oleva vesivoima vastaisi noin kolmannesta alueella toimivien sähkölaitosten vuoden 1980 sähkön tarpeesta. (Vaasan kaupunki ei sisälly lukuun.)

Valtaverkon hinnoilla laskien on Pohjanmaan käytössä olevan vesivoimatuotannon arvo yli 40 Mmk vuodessa. Kun tähän lisätään suunniteltu vesivoima, tulisi kokonaistuotoksi noin 130 Mmk vuodessa. Tuotto vaihtelee laitoskohtaisesti. Laitosten tuotto koituu kokonaan alueen sähkön käyttäjien hyväksi.

VALMIUS VESIVOIMAN RAKENTAMISEEN

Maassamme on korkeatasoinen tietämys ja taito vesirakentamisessa. Sodanjälkeinen jälleenrakentaminen perustui suurelta osalta kotimaisten energiavarojen hyväksikäyttöön, ja vesivoima oli se, jolla ratkaistiin energiatarpeemme. Siinä yhteydessä toteutettu laajamittainen rakennusohjelma kehitti ammattitaidon, mikä on arvostettu korkealle kansainvälisestäikin. Tämän seuraamuksena kehittyi maassamme pienten putouksien turpiinien valmistus korkeatasoiseksi. Samalla kehittyivät matalatyypisiksi pyrkivät rakennuskonstruktiot. Niillä saavutetaan kustannussäästöjä ja ne sopeutuvat hyvin maisemaan.

Kehitetyt voimalaitosrakenteet osoittavat, että meillä on valmis ja luotettava teknologia käytettävänä jäljellä olevan vesivoiman hyväksikäyttämiseen. Tämän teknologian hyväksikäyttö antaa mittavia mahdollisuuksia myös Pohjanmaan oman henkisen ja aineellisen työpanoksen hyödyntämiseen.

Vesivoiman rakentaminen avaa useita vuosia kestäviä työllisyyskohteita mm. rakennus- ja kuljetusalalle.

Pohjanmaan sähkölaitokset toimivat rakentajina ja niillä on valmiit sähköverkostot, joten voimalaitosten kytkentä ja käyttö tapahtuu edullisesti. Verkostoinvestointeja voidaan säästääkin joissakin tapauksissa.

RAKENTAMISEN KYNYSKYSYMYKSIÄ

Vesivoiman käyttöönottoa varten on olemassa oma laki, vesilaki, ja oma tuomioistuin, vesioikeus. Rakennushanketta edeltää pitkä vesioikeudellinen prosessi, jossa punnitaan tarkoin vahingot, haitat, tarvittavien vesi- ja maa-alueiden omistusoikeudet sekä hyödyt. Vesioikeus määrittelee mm. onko hanke yleisen edun mukainen. Vesioikeusprosessi kestää useita vuosia, mikä hidastaa ja vaikeuttaa hankkeiden toteuttamista.

Tarvittavien vesioikeuksien hankinta saattaa vaikeutua varsinkin silloin, kun vesialueet ovat jakamattomia ja ne ovat yhteisomistuksessa jakokuntien hallussa. Jakokuntien on tehtävä myyntipäätös yhteisalueista säädetyn lain mukaan määräenemmistöpäätöksinä (2/3 enemmistö) ja monessa jakokunnassa on useita satoja omistajia. Yhteisalueiden alkuperäinen merkitys on hävinnyt, koska jakokunnat ovat hajautuneet maakauppojen ja perinnönjakojen vuoksi.

Vesivoimahankkeita ei tueta julkisella rahoituksella (avustukset ja lainat) kuten muuta kotimaista energiantuotantoa. Vesivoimalaitoshanke on varma ja pitkäaikainen pääoman sijoituskohde myös kansantalouden kannalta katsoen, joten sitä tulisi suosia vähintäänkin pitkäaikaisilla ja halpakorkoisilla lainoilla. Lisäksi Suomen energiapoliittisessa ohjelmassa suositetaan vesivoiman käyttöönottamista kotimaisena energiamuotona.

Luonnonsuojelu- ja kalastusjärjestöjen taholta vastustetaan helposti rakentamista sellaisissakin vesistöissä, joissa muutokset ovat vähäisiä, ja niiden ja voimatalouden kesken olisi löydettävissä selviä yhteisiä intressejä. Keskinäinen vertailu pitäisi pystyä selvittämään yhteisymmärryksessä yleisesti ja yhteisesti hyväksyttyjä vertailuperusteita käyttäen.

Voimalaitosrakentamisen vastustajat esittävät usein, että mm. vesivoiman rakentaminen on tarpeetonta, koska sähköstä on ylituotantoa. Uusi perussähkön tuotanto perustuu suuriin koneyksiköihin, joiden säätäminen on vaikeaa. Perustuotannon lisäksi tarvitaan säätökelepoista sähköntuotantoa, jolla hoidetaan sähkönkulutuksessa esiintyvät vuorokausivaihtelut. Vesivoimalaitosten säätöominaisuudet soveltuvat tähän tarkoitukseen erittäin hyvin. Niiden säätömahdollisuuksia voidaan käyttää tehokkaasti hyväksi vesistöä säännöstelemällä.

Suuret konventionaaliset lämpövoimayksiköt ja vesivoima eivät korvaa toisiaan, vaan ne täydentävät toisiaan.

Pienten vesivoimalaitosten merkitystä vähätellään usein ja niitä kutsutaan tippavoimalaitoksiksi. Sitran v. 1979 julkistamassa selvityksessä "Pienvesivoiman määrä ja käyttömahdollisuudet" todetaan, että maassamme on päävesistöjen ulkopuolella olevaa vesivoimaa n. 500 MW keskivirtaaman mukaan laskettuna lukuunottamatta Lapin pienvesivoimaa, joka pääosaltaan puuttuu inventoinnista. Mianittu vesivoimamäärä on hajautettuna ympäri maata. Vertailun vuoksi todettakoon, että Loviisan yhden ydinvoimalaitosyksikön koko on 440 MW.

PIENVESIVOIMA MUISSA MAISSA

Ruotsissa valtio tukee pienvesivoiman rakentamista avustuksella, joka on 35 % rakentamiskustannuksista. Saksassa on verohelpotuksia. Ranskassa valtio tukee vesivoiman käyttöä mm. 400 frangilla korvattua öljytonnia kohti eli n. 3 p/kWh. Kanadassa valtio avustaa vesivoimalaitosten hankeselvittelyissä ja koneistokehittelyssä. Keski-Euroopan maissa yleensä on saatavissa vesivoimahankkeisiin pitkäaikaisia ja halpakorkoisia lainoja. USA:ssa valtio lainoittaa pitkäaikaisilla ja halpakorkoisilla lainoilla mm. pienvesivoimatuotantoa. Pienvesivoimaan kohdistettu tuki kuvaa hallituksen yleistä kantaa, jonka mukaan sähköntuotantoa pitää hajauttaa niin paljon kuin mahdollista.

VESIVOIMA - EDULLINEN KOTIMAINEN - TUOTTO POHJANMAALLE

Suomen energiapoliittisessa ohjelmassa suositetaan vesivoiman käyttöön-
ottoa kotimaisena energiamuotona: "Voimalaitoskapasiteetin laajennuksis-
sa asetetaan yhdistetty sähkön ja lämmön tuotanto etusijalle yhdessä
edullisesti rakennettavan vesivoiman kanssa."

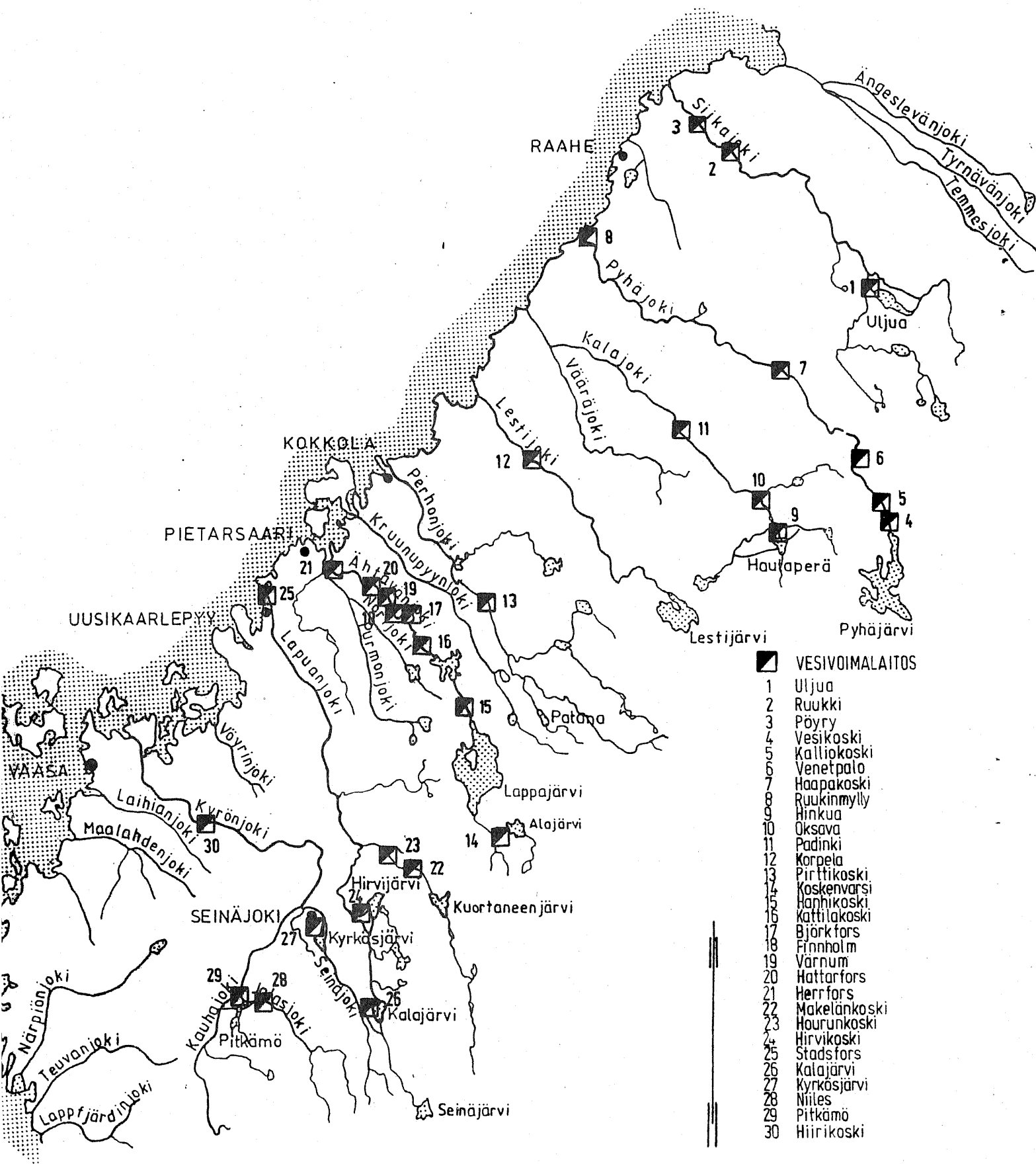
Vesivoimalaitoksen tuottama energia korvaa koko määrällään tuontipolt-
toainetta. Vesivoimalaitoksen rakentamisen aiheuttamiin pääomakustan-
nuksiin sisältyy voimalaitoksen koko käyttöiäksi (paljon yli 50 vuotta)
ostettu "polttoaine", koska vesi on uusiutuva luonnonvara.

Vesien säännöstelyllä voidaan korottaa energian arvoa. Vuosisäännöstely
lisää vesivoimalla tuotettua energiaa ja nostaa sen arvoa, koska käyttö-
mahdollisuus on olemassa talvella, jolloin käyttökin on suurimmillaan.
Vuorokausisäännöstelyn ansiosta voidaan sähköä tuottaa vuorokautisen
kuormitusvaihtelun mukaisesti.

Hyvien säätöominaisuuksiensa ansiosta vesivoima pystyy korvaamaan kal-
leinta tuontienergiaa. Pohjanmaan vesivoimalaitokset ovat alueen sähkö-
laitosten omistamia. Voimalaitosten tuotto jää kokonaan Pohjanmaalle.

VIITTEET KTM:n vesivoimatyöryhmän mietintö. Sarja C 12 1981
Pienvesivoiman määrä ja käyttömahdollisuudet, SITRA sarja B n:o 53 1980

POHJANMAAN JOKIEN VOIMALAITOKSET



0 50 100 km

JOKIVESISTÖJEN HYDROLOGINEN KÄYTTÄYTYMINEN IHMISEN TOIMINNAN SEURAUKSENA

1 J O H D A N T O

Monet vesien käyttömuodot tai vesistöalueella tapahtuvat ihmistoiminnot aiheuttavat vesistössä hydrologisia muutoksia. Useimmiten ihmisen tahallinen vaikutus kohdistuu valunnan ajalliseen jakautumiseen, jota ihminen pyrkii muuttamaan omia tarpeitaan vastaavaksi. Ihmistoiminnot voivat kuitenkin muuttaa hydrologisia oloja myös tahattomasti.

Ihmistoimintojen hydrologiset vaikutukset voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

1. Tahallinen vaikuttaminen välittömin toimenpitein. Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. vesistön säännöstely, tulvapengerrykset sekä vedenotto kastelun, asutuksen ja teollisuuden tarpeisiin. Näiden toimenpiteiden vaikutukset valuntaan ovat useimmiten määritettävissä jo ennalta.
2. Tahaton vaikuttaminen välittömin toimenpitein. Esim. kanavat, sillat ja uittorakenteet voivat vaikuttaa virtauksiin, joissa ja kapeikoissa ilman, että tällaiseen vaikutukseen pyritään. Näidenkin toimenpiteiden vaikutukset ovat melko hyvin arvioitavissa.
3. Välillinen vaikuttaminen. Ihminen voi vaikuttaa olosuhteisiin valuma-alueella siten, että valunnan määrä tai ajallinen jakautuminen muuttuu. Periaatteessa jo kaikki maanviljelykseen liittyvät toimenpiteet (peltojen raivaus, muokaus, sadonkorjuu) kuuluvat tähän ryhmään samoin kuin metsätaloudelliset toimet. Erityisen merkittävä, mahdollinen vaikuttaja on metsäojitus: vuosina 1961-75 ojitettiin yli 20 % Suomen metsäpinta-alasta.

Seuraavassa tarkastellaan näihin eri ryhmiin kuuluvien ihmistoimenpiteiden vaikutuksia Suomen vesistöihin. Aluksi tarkastelu kattaa kaikki vesistötyypit, esityksen loppupuolella keskitytään jokivesistöihin.

2 J A K S O J E N 1 9 3 1 - 6 0 J A 1 9 7 1 - 8 0 V E R - T A I L U

Kansainvälisellä vertailujaksolla 1931-60 Suomen vesistöjen virtaamahavaintoverkko oli jo varsin kattava.

Pohjois-Suomesta sekä rannikkoalueiden alle 1 000 km²:n vesistöistä havaintoja on tosin tuolta kaudelta melko niukasti. Luotettavia, koko jakson käsittäviä virtaamahavaintosarjoja on koko maasta noin 65 kappaletta.

Tätä selvitystä varten tehtiin vertailu valunnan tärkeimmistä

tunnusluvuista 53 virtaama-aseamalla jaksoilla 1931-60 ja 1971-80. Edellämainituista 65 havaintosarjasta on jätetty pois sellaiset, jotka ovat samassa vesistössä lähellä mukaan otettuja havaintosarjoja. Jaksojen valinnan perusteet ovat seuraavat:

1. Jaksolla 1931-60 toteutettiin vain harvoja säännöstelyjä, ja niistä merkittävimmät Oulujärveä lukuunottamatta vasta jakson loppuvuosina, joten ne eivät oleellisesti vaikuta koko jaksosta laskettuihin valunnan tunnuslukuihin. Tekoaltaiden rakentaminen ja laajamittaiset metsäojitukset käynnistyivät vasta 1960-luvun alkupuolella.
2. Kuusikymmenlukua voidaan pitää siirtymäkautena, jonka kuussa sekä säännöstely, allasrakentaminen että metsäojitukset muuttivat hydrologisia oloja. Kahden ensiksi mainitun tekijän kehitystä ilmentää kuva 1.
3. Seitsemänkymmentälukua voidaan pitää vuosikymmenenä, jonka virtaamatilastoissa ihmisvaikutusten pitäisi jo selvästi näkyä.

2.1 KESKIVIRTAAMAT

Kaikista 53 havaintosarjasta laskettiin jakson 1971-80 keskivirtaaman suhde jakson 1931-60 keskivirtaamaan sekä vastaavat suhteet jaksojen keskiylivirtaamille ja keskialivirtaamille. Näiden suhteiden jakaumat on esitetty kuvissa 2, 3 ja 4.

Keskivirtaamien suhteiden jakaumaan voidaan ensin etsiä syitä ilmastollisista tekijöistä. Ne 11 valuma-alueetta, joilla keskivirtaama jaksolla 1971-80 oli vähintään 10 % suurempi kuin jaksolla 1931-60, sijaitsivat yhtä lukuunottamatta (Mäntyharjun reitti, Läsäkoski) Pohjanmaalla ja Kymijoen vesistön pohjoisosissa. Jakson 1931-60 vuotuinen keskisadanta oli näillä alueilla 554 mm ja jakson 1971-80 keskisadanta 584 mm. Noin 5 % suurempi sadanta ei riitä Suomen olosuhteissa selittämään näiden alueiden keskimäärin 16 % suuruista vuosivalunnan kasvua.

Kaikilla em. valuma-alueilla on toteutettu runsaasti metsäojituksia. Hydrologian toimiston pienellä valuma-alueella laajamittaisen ojituksen on todettu lisäävän keskivalumaa noin 30 % kymmenenä ensimmäisenä ojituksen jälkeisenä vuotena (Mustonen ja Seuna 1971). Myöhemmin keskivaluma taas laskee puuston kasvun lisätessä haihduntaa ja ojien vedenjohtokyvyn heiketessä.

Ilmeisesti ojituksen vaikutus keskivalumaan näkyy myös suurten valuma-alueiden havaintosarjoissa, vaikka ojitukset ovat eriaikaisia ja vaikka muiden tekijöiden vaikutus valuntaan estää ojituksen aiheuttamien muutosten tarkan arvioinnin.

Kahdessa havaintosarjassa keskivirtaama jäi 70-luvulla yli 10 % pienemmäksi kuin jaksolla 1931-60. Ne ovat Simojoki (27 % pienempi) ja Höytiäisen luusuan Puntarikoski (15 %). Molemmilla alueilla 70-luvun keskisadanta oli suurempi kuin vertailujaksolla, joten ilmastolliset tekijät eivät eroa selittä. Syy löytyykin kokonaan muualta: hydrologisten havainto-

jen virheistä. Kun hydrologian toimisto tarkisti Puntarikosken voimalaitoksen virtaamat siivikkomittauksin kesällä 1979, todettiin siihen asti ilmoitetut virtaamat noin 10 % todellisia suuremmiksi. Kun tämä korjaus otetaan huomioon, katoaa Puntarikosken keskivirtaaman poikkeuksellisuus samantien.

Simojoen virtaaman pienenemiselle ei löydy yhtä selvää selitystä. Virtaama-aseman vanhan purkautumiskäyrän on tosin todettu muuttuneen eli uoman määräävä poikkileikkaus on muuttunut. Viime vuosien mittausten perusteella laadittu uusi käyrä osoittaa, että todelliset virtaamat olisivat 70-luvulla olleet 5-10 % ilmoitettuja suurempia. Näin ollen korjatut 70-luvun virtaamat olisivat kuitenkin noin 20 % vertailujakson virtaamia pienemmät. Koska myös Simojoen eteläpuolisten vesistöjen - Kuivajoen, Iijoen ja Kiiminginjoen - virtaamat olivat 70-luvulla 4-9 % vertailujakson arvoja alhaisemmat, näyttää ilmiö todelliselta. Selvää syytä ei kuitenkaan ole löydettävissä.

2.2 KESKIYLVIVIRTAAMAT

Keskiylivirtaamien suhteiden jakauma on melko symmetrinen. Arvon 0,9 alittavien havaintosarjojen lukumäärä on 10; arvon 1,1 ylittäviä havaintosarjoja on 12. Näiden väliin jäävien 31 havaintosarjan osalta voidaan todeta, että ylivirtaamat ovat pysyneet määritystarkkuuden rajoissa muuttumattomina. Sitä vastoin em. 10 ja 12 havaintosarjaa ansaitsevat lisätarkastelun.

Muutoksen syy vaikuttaa hyvin ilmeiseltä 6 havaintosarjan ylivirtaamien alenemisen osalta: vesistöalueella toteutetut säännöstelyt ovat leikanneet tulvahuippuja. Selvimmin tämä ilmenee Siikajoella, missä ylivirtaamat ovat lähinnä Uljuan altaan vaikutuksesta alentuneet 25 prosentilla. Myös muilla aineistossa mukana olleilla, rakennetuilla Pohjanmaan joilla keskiylivirtaamat olivat 70-luvulla pienemmät kuin vertailujaksolla: Kalajoella alenema oli noin 10 %, Lapuanjoella 6 % ja Kyrönjoella 8 %.

Säännöstely selittää myös eräissä tapauksissa keskiylivirtaamien suhteen kasvun. Selvin on tilanne Höytiäisen Puntarikoskella: aiemmin tasqitti suuri Höytiäisen allas keskiylivirtaaman arvoon $30 \text{ m}^3/\text{s}$, nyt se on aikaisempaan verrattuna yli puolitoistakertainen, $51 \text{ m}^3/\text{s}$. Lievempänä, mutta selvänä vastaava muutos esiintyy Juojärven Palokissa (1,21) sekä Kokemäenjoen vesistössä Nokialla (1,27) ja Vammaskoskella (1,20). Lisäksi säännöstely on todennäköisesti kasvattanut neljän muun havaintosarjan ylivirtaamia.

Ne havaintosarjat, joissa säännöstely ei ole vaikuttanut virtaamiin, mutta joissa ylivirtaama on kuitenkin 70-luvulla ollut vähintään 10 % suurempi kuin vertailujaksolla, ovat Kymijoen vesistön pohjoisosassa sijaitseva Koivujoki (kasvu 16 %), Sotkamon reitin Lentuan luusua (11 %) ja Lammasjärven luusua (18 %) sekä Inarinjärveen laskeva Juutuanjoki (10 %).

Koivujoen, Lentuan ja Lammasjärven osalta metsähojitusten ylivalumia lisäävä vaikutus tuntuu todennäköiseltä. Vuoteen 1978

mennessä näistä valuma-alueista oli ojitettu 15-25 %. Hydrologian toimiston tutkimusten mukaan ojitetun alan kasvu prosentilla lisää ylivirtaamaa 0,5-1,0 % Keski-Suomen ja Pohjanmaan alueilla (Hyvärinen ja Vehviläinen 1980). Myöhemmin tämä lisäys pienenee kuten keskivirtaamankin lisäys.

Jakson 1971-80 keskimääräinen vuosisadanta oli Pohjois-Lapissa noin 5 % suurempi kuin jakson 1931-60. Tämä selittänee Juutuanjoen ylivirtaamisissa ilmenneen kasvun.

2.3 KESKIALIVIRTAAMAT

Merkittävimmin ihmisen toiminta on muuttanut vesistöjemme keskialivirtaamia (kuva 4). Vain kolmasosa aineiston vesistöistä on sellaisia, joissa keskialivirtaamaa voidaan pitää muuttumattomana. Tämä suure on kasvanut yli 10 prosentilla 15 havaintoasemalla ja alentunut vähintään 10 prosentilla 20 asemalla.

Kuvan 4 jakauman molemmat äärilaidat selittyvät säännöstelyn avulla. Neljässä aineistossa keskialivirtaama on alentunut nollaan: nämä ovat Puntarikoski, Juankoski ja Palokki Vuoksen vesistössä sekä Leppikoski Hyrynsalmen reitillä. Vastaavasti Siikajoen Länkelän keskialivirtaama on lähes viisinkertaistunut ja Kalajoen kahden havaintoaseman keskialivirtaamat kasvaneet 2,5...4,1 -kertaisiksi.

Myös useat muut keskialivirtaaman muutokset ovat säännöstelytoimenpiteiden seurausta. Alivirtaaman aleneminen johtuu useimmiten voimataloudellisesta säännöstelystä, jolla ei sinänsä pyritä vaikuttamaan alivirtaamiin. Tarkoituksellinen alivirtaamien kasvattaminen voi olla säännöstelyn eräs päämäärä; perusteena on tällöin esim. veden laadun ja vesimaisen parantaminen (Kalajoki ja Siikajoki) tai vedenhankinnan turvaaminen (Vantaanjoki).

Osa keskialivirtaamien merkittäivistä muutoksista on sellaisia, joita ei voida ihmistoimenpiteiden avulla selittää.

Tutkimusaineisto viittaa myös metsäojituksen alivirtaamia kasvattavaan vaikutukseen. Yhdentoista runsaasti ojitetun lähinnä Kymijoen tai Oulujoen vesistöön kuuluvan osa-alueen keskialivirtaamat olivat 70-luvulla keskimäärin 23 % suuremmat kuin jaksolla 1931-60. Pohjanmaan vesistöihin tätä vertailua ei voida ulottaa muiden vesistöön kohdistuneiden toimenpiteiden takia.

Myös tutkimusaineiston luonnontilaisimpiin kuuluvissa vesistöissä esiintyy merkittäviä keskialivirtaaman muutoksia. Alivirtaama onkin tarkastelluista kolmesta suureesta herkin veden kiertokulun luonnollisille vaihteluille. Toisaalta se on myös herkimmin ihmistoimin - tahallisin tai tahattomin - muunneltavissa.

3 V I R T A A M A N P I T K Ä A I K A I S V A I H T E L U T

Kuvassa 5 on esitetty Suomen pisin virtaamasarja, Saimaasta Vuokseen purkautuneet keskivirtaamat vuosina 1847-1981. Kuva kertoo havainnollisesti sen, että suuren järnvivesistönkin virtaama vaihtelee melkoisesti vuodesta toiseen. Jos virtaamasarjaa tasoitetaan 10 tai 30 vuoden liukuvalla keskiarvolla (kuva 6), voidaan selvästi nähdä myös jaksollisia vaihteluita. Niille ei ole löydettävissä geofysikaalisia syitä eivätkä ne niin ollen ole ennustettavissa. Toisaalta niiden eittämätön olemassaolo kertoo, että kahden pitkäkhkönkin vuosijakson vertailu - jollainen juuri edellä tehtiin - saattaa olla harhaanjohtavaa.

Yhteenvetona edellätehdystä vertailusta voitaneen kuitenkin todeta, että ihmistoimet ovat monissa vesistöissämme muuttaneet jaksolta 1931-60 laskettuja keskialivirtaamia sekä eräissä myös keskiyli- ja keskivirtaamia. Tärkeimmät muutoksia aiheuttaneet tekijät ovat vesistöjen säännöstely ja metsäojitukset. Säännöstelyn aiheuttamien hydrologisten muutosten suuruus on ihmisten säädeltävissä. Ojitusten aiheuttamat hydrologiset muutokset tullevat pienenemään lähivuosikymmenen kuluessa, ellei ojituksia laajamittaisesti jatketa tai uudisteta.

4 V U O T U I S E N V I R T A A M A K Ä Y R Ä N M U U T O K S E T

Kun ryhdytään tarkastelemaan yli-, ali- tai keskivirtaaman muutosten vaikutuksia, on kiinnitettävä myös huomiota näiden suureiden esiintymisajankohtien mahdollisiin muutoksiin. Samalla on syytä tarkastella virtaaman ajallisen jakautumisen kokonaismuutosta; tämä käy parhaiten virtaaman pysyvyyskäyriä vertailemalla.

Kuvassa 7 on esitetty Kalajoen Hihnalan kosken virtaaman kuu-kausikeskiarvot jaksoilla 1931-60 ja 1971-80. Selvimmin virtaaman ajallisen jakautumisen muutos ilmenee talvikauden alivirtaamien kasvuna. Myös heinä-syyskuun virtaamat ovat jälkimmäisellä kaudella suuremmat. Tulvakuukausien, huhti- ja toukuun yhteenlaskettu virtaama ei ole merkittävästi muuttunut. Seitsemänkymmentäluvulla ilmeisesti keskimääräistä useampi tulvahuippu on osunut toukokuulle kuin jaksolla 1931-60, koska tulvan volyymin ajallinen jakauma painottuu 70-luvulla toukokuulle.

Kuvassa 8 on esitetty Oulujoen Jylhämän virtaaman pysyvyyskäyrät jaksoilta 1896-1949 ja 1950-78. Suurten virtaamien esiintyminen on oleellisesti vähentynyt: kun virtaama luonnontilaisella kaudella pysytteli noin 5 % ajasta arvon 500 m³/s yläpuolella, vastaava osuus on nyt vain 0,5 %. Luonnontilassa virtaama ei juuri koskaan laskenut alle 70 m³/s - nyt se on 10 % ajasta tämän rajan alapuolella.

ERITYISESTI JOKIVESISTÖJÄ KOSKE-
VIA IHMISEN TOIMINNAN VAIKUTUKSIA

Edellä käsitelty laaja virtaaman tunnuslukujen vertailu koski myös järvidesistöjä, koska jokivesistöistä olisi ollut käytettävissä liian harvoja havaintosarjoja. Lisäksi useiden ihmistoimien kohdistuminen moniin jokivesistöihin, joista pitkä virtaamasarja olisi ollut käytettävissä, olisi vaikeuttanut yksittäisten toimien vaikutuksen arviointia.

Yleisesti voidaan todeta, että jokivesistöt ovat huomattavasti herkempiä monien ihmistoimenpiteiden vaikutuksille kuin järvidesistöt. Esim. tietyssä laajuudessa toteutettu metsäojitus aiheuttaa jokivesistössä suuremmat virtaamanmuutokset, koska järvien tasoittava vaikutus puuttuu.

Tulva-alueiden poisto pengerryksin on moniin jokivesistöihin kohdistunut ihmistoimenpide. Sen vaikutus alapuolisen jokiosuuden virtaamiin on laskettavissa tulva-alueen koon ja virtaamasuhteitten perusteella. Tällä toimenpiteellä voidaan luonnollisesti torjua tulvahaittoja alueella, johon toimenpide kohdistuu. Varastotilavuuden pienetessä alapuolisen jokiosuuden ylivirtaama kuitenkin kasvaa. Ääritapauksessa vesi voi siellä kohota uomasta ympäröiville alueille, jolloin tulvahaittoja voi syntyä uudessa paikassa. Tällaiset tapaukset pyritään luonnollisesti pengerryksiä suunniteltaessa eliminoidaan.

Pengerrykset ovat eräs esimerkki vesistön järjestelystä, joka muodostaa hyvin monimuotoisen ihmistoimenpiteiden ryhmän. Vesilain mukaan vesistön järjestelyllä tarkoitetaan vesistöä perkaamalla, sen uomaa siirtämällä tai muulla vesistöön kohdistuvalla toimenpiteellä tulva-alueen poistamiseksi tai pienentämiseksi taikka muutoin maa- tai vesialueen kuivattamiseksi suoritettavaa vesistön vedenkorkeuden alentamista, mikäli kysymys ei ole ojituksena pidettävästä toimenpiteestä. Järjestelyksi luetaan niin ikään vesistön tai sen osan täyttämisen taikka maa- tai vesialueen kuivattaminen pengertämällä. Toimenpidettä pidetään järjestelynä siinäkin tapauksessa, että siihen sisältyy vesistön vedenjuoksun säännöstelyä, mikäli se järjestelyn tarkoituksen toteuttamiseksi on tarpeen.

Vesistön järjestelyn yhteydessä voidaan joutua esim. alentamaan järven tulvakorkeuksia, ehkäisemään yläpuolisten järjestelyiden ja ojitusten aiheuttamien tulvien haittoja, kunnostamaan aikanaan laskettuja järviä tai joen osia, rakentamaan perkausten yhteydessä patoja vedenkorkeuksien säätelämiseksi, säännöstelemään vettä ylivirtaamien pienentämiseksi sekä riittävän suurien alivirtaamien turvaamiseksi kalataloutta ja kastelua varten. Näin ollen järjestely osittain kattaa myös niitä toimenpiteitä, joita tässä esityksessä on käsitelty vesistön säännöstelynä.

Järjestelyyn luettavat järvenlaskut ja joenperkaukset ovat vanhimpia maassamme toimeenpantuja vesivaroihin liittyviä hankkeita. Niitä alettiin suorittaa vesijättömaiden saamiseksi jo 1500-luvulla. Valtiovalta alkoi osallistua näihin hankkeisiin 1700-luvulla, jonka puolivälistä lähtien maanparannustarpeet ja varsinkin uusien vesijättöjen muodostaminen tulivat perkaustöiden päättavoitteiksi.

Lyhytaikaissäännöstelyn hydrologiset vaikutukset jäävät järvi-vesistöissä useimmiten pieniksi. Sitä vastoin jokiosuuksilla vedenkorkeuden ja virtaaman vaihtelu voi ilmetä kaukanakin säännöstelypaikalta. Havainnollisen kuvan tästä antavat Forsiuksen (1981) suorittamat laskelmat Perhonjoesta, kuva 9.

6 U O M I E N A I N E T A S E

Lähes kaikki maan pintaan ja kasvillisuuteen kohdistuva toiminta on omiaan kiihdyttämään sekä veteen liukenevan että kiinteän aineen irtautumista ja pääsemistä veden mukaan. Suomessa maanpintaa käsitellään maatalouden lisäksi erityisesti metsätaloudessa.

Kohtalaisen hyvin on tiedossa, miten metsäojitukset vaikuttavat veden laatuun: happamuus ja humuspitoisuus lisääntyvät, ravinteisuus vain vähän. Sen sijaan on tuskin olemassa edes kertaluvulle varmaa arviota siitä kuinka suuria kiintoainemääriä siirtyy vuosittain ojien pohjia pitkin lähimpään vesistöön.

Äskettäin peratut ja uuteen paikkaan kaivetut jokiuomat ovat alttiimpia kulumiselle kuin jo muotonsa hakenneet. Vedenkorkeuden ja virtaaman keinotekoiset vaihtelut lisäävät kulumisalttiutta. Näiden seikkojen selvittäminen on otettu vesientutkimuslaitoksen v. 1982 ohjelmaan (Hyvärinen 1981).

7 J O K I E N J Ä Ä I L M I Ö T

Joen jääilmiöt määräytyvät toisaalta joen lämpötaseesta ja toisaalta jään mekaniikasta. Molempiin vaikuttaa suuri joukko tekijöitä, ja jokien jääilmiöt ovatkin hyvin monimutkaisia. Lämpötaseen määräävät yhdessä uoman geometria, sää, avoimet ja jäätyneet uoman osat, virtaama ja veden lämpötila. Jään mekaaniset ominaisuudet näyttelevät keskeistä osaa jäänlähtövaiheessa: jos jäänrakenne on vielä luja, jääpatojen muodostumisriski on ilmeinen.

Luonnontilaisessa joessa virtaama ehtyy talven kuluessa ja vesi mahtuu yleensä jääkannen alle, vaikka jään paksuus koko ajan kasvaakin. Sen sijaan kesken talvea lisääntyvä ja etenkin nopeasti vaihteleva virtaama synnyttää ongelmia. Vesi voi nousta jään päälle, jolloin muodostuu uutta jäätä. Paksu jääpeite lisää jääpatoriskiä keväällä. Jään muodostuminen puolestaan ehdyttää jonkin verran talvikauden virtaamaa. Täysin porrastetussa uomassa ei tällaisia jääongelmia ilmene.

Selviä tutkimustuloksia säännöstelyn vaikutuksesta jokijäihin ei ole, koska systemaattiset havainnot on aloitettu varsin myöhään. Kuvassa 10 on esitetty eräs pisimmistä Pohjanmaan jokien havaintosarjoista. Ilmeistä on, että ainakin talven 1979 suuri jäänpaksuus on Padingin voimalaitoksen vuorokausisäännöstelyn seurausta. Kun laitoksen käyttökokemukset ovat lisääntyneet, veden nousut jäälle ovat viime talvina harventuneet.

Eräissä tapauksissa jokivesistön säännöstely heikentää jääpeitettä. Tämä ilmenee selvästi Uljuan alapuolisella jokiosuudella Hyttikoskelle saakka. Luonnontilaista suurempi virtaama, sen nopeat vaihtelut ja altaasta purkautuvan veden jokivettä korkeampi lämpötila estävät kantavan jääpeitteen synnyn. Hyttikosken alapuolella vaikutuksia ei sen sijaan enää selvästi havaita.

Ihmisen toimien ja veden kiertokulussa esiintyvien luonnollisten muutosten erottaminen toisistaan ei varsinkaan suurilla vesistöalueilla ole helppoa. Koska ihminen vaikuttaa myös ilmastoon, päädytään itse asiassa umpikujaan: ovatko ns. luonnollisetkin muutokset todellisuudessa ihmisen toiminnasta aiheutuvia?

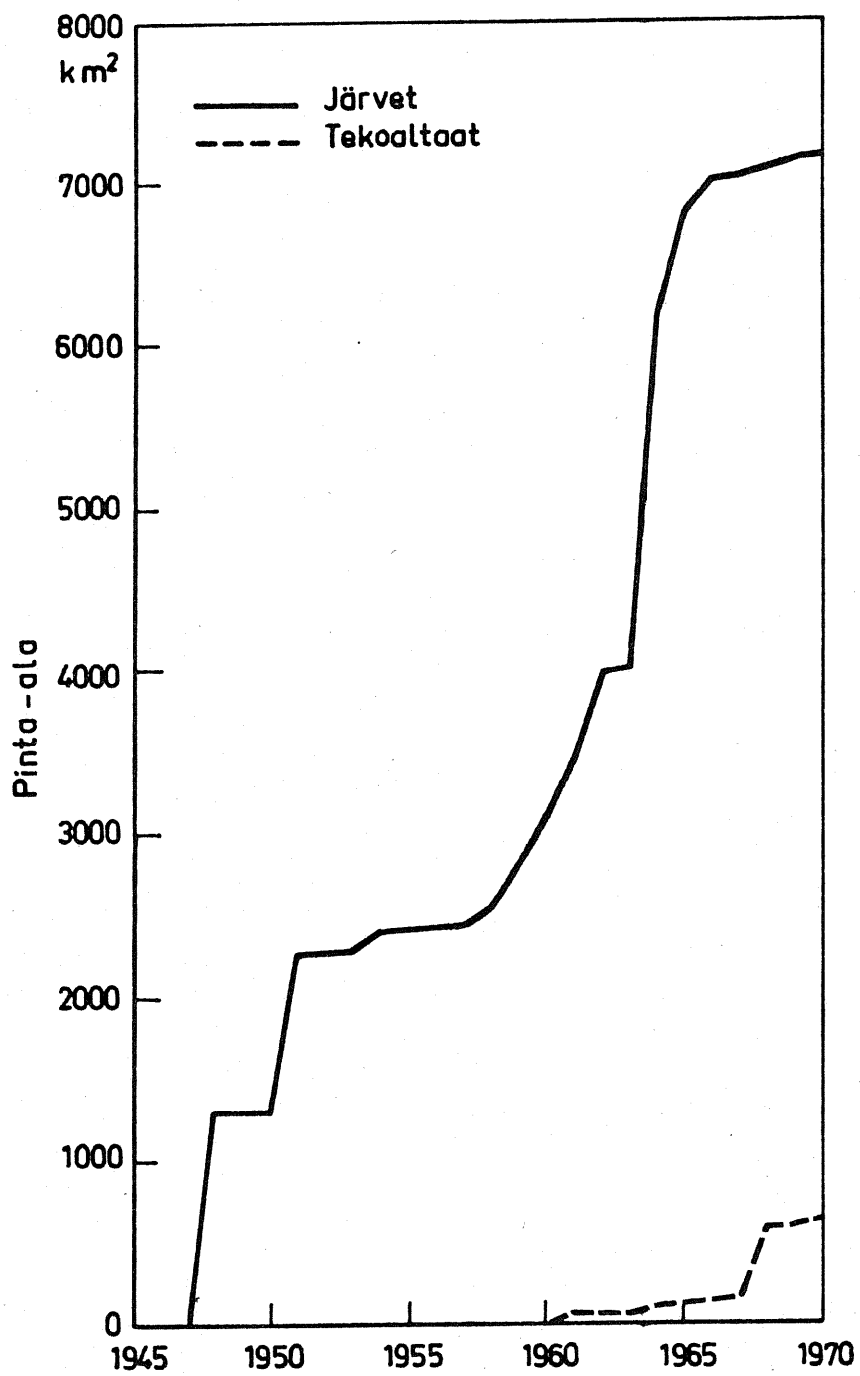
Jotta hydrologia pystyisi parhaalla mahdollisella tavalla vastaamaan tulevaisuudessakin ihmistoimien vaikutuksia koskeviin kysymyksiin, tulisi ensisijaisesti:

- jatkaa systemaattisia hyvin kontrolloituja havaintoja tarkoituksenmukaisten havaintoverkkojen avulla (kattavuus ja automaatio); erityisen arvokkaita ovat pitkäaikaiset, jatkuvat, luonnontilaiset havaintosarjat
- lisätä aineistojen tilastollista käsittelyä sekä tehostaa hydrologisten aineistojen käyttäjien koulutusta
- määrittää nykyisen peruskartta-aineiston pohjalta vesistöalueiden ja näiden osa-alueiden alat ja järvisyydet (edellinen määrittäminen 1950-luvun alussa)
- määrittää ns. aluetekijät sekä niiden vaikutus esim. sadan- ja valunnan väliseen riippuvuuteen. Tietoja tarvitaan mm. kehitettäessä alueelta valuvan veden määrää ja laatua selittäviä malleja
- kehittää valuntamalleja sekä ennusteiden laatimiseen, vesistöjen käyttöön että suoranaisesti ihmistoiminnan aiheuttamien muutosten selvittämiseen
- kehittää menetelmiä, joissa tavanomaisten ilmastohavaintojen avulla saadaan maan-, veden- ja lumenpinnasta tapahtuva haihdunta sekä lumen sulaminen määritetyksi käytännön tehtävissä riittävällä tarkkuudella
- tehostaa virtausten, uomaprosessien, eroosion ja sedimentaation tutkimusta

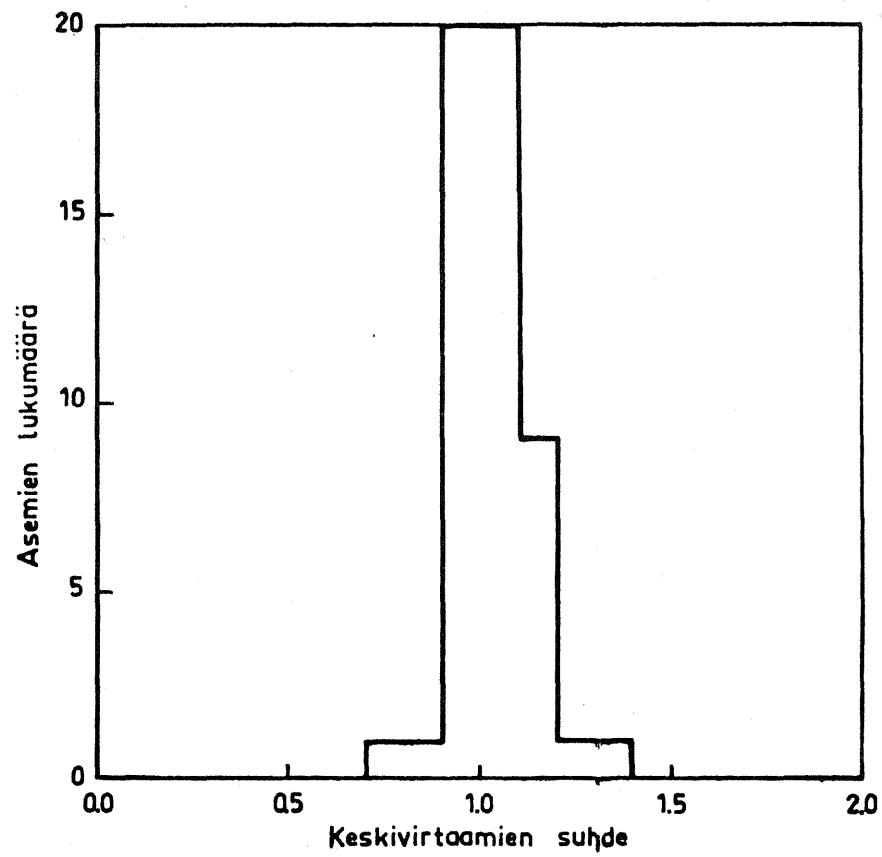
Tietämyksen lisääminen edellä mainituissa tutkimus- ja kehityskohteissa antaa paremmat mahdollisuudet koko vesivarojen suunnittelulle. Samalla vähenevät vesien käyttöön liittyvät taloudelliset, ympäristölliset yms. riskit ja voidaan lisätä yhteiskunnan hyvinvointia huonontamatta vesivarojen uusiutumiskykyä.

VIITTEITÄ

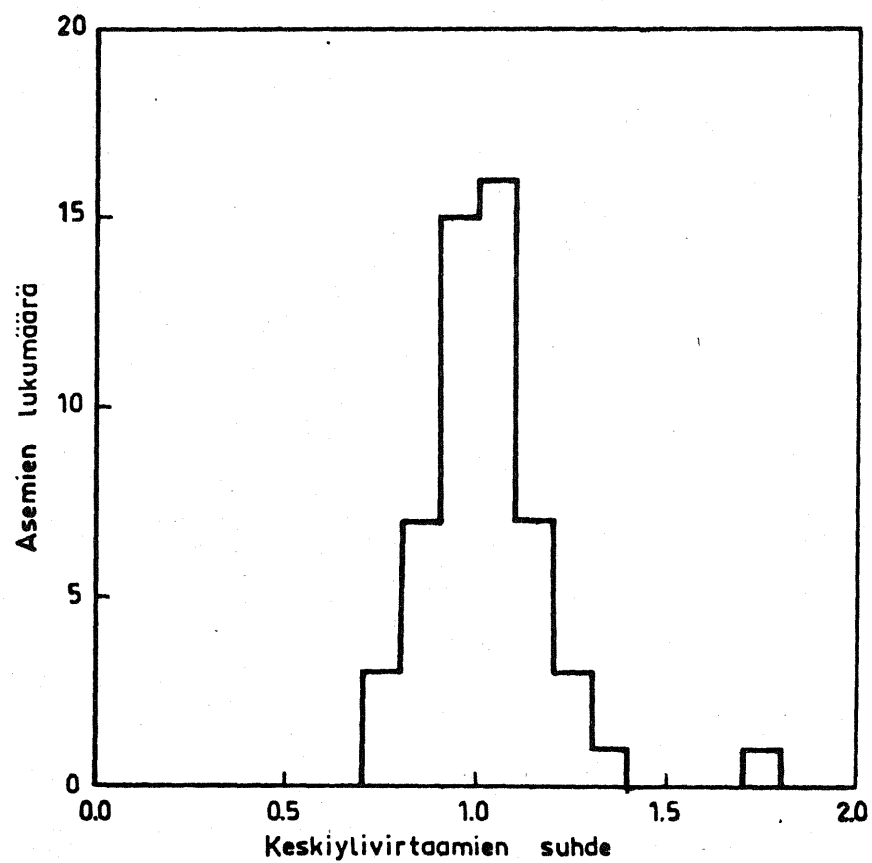
1. Forsius, J. 1981. Yksidimensioiden, muuttuvaa avouomavirtausta kuvaava matemaattinen malli. Vesihallituksen monistesarja 61.
2. Hyvärinen, V. 1981. Vesistö rakentamisen vaikutukset hydrologiaan. Vekaryn jatkokoulutuspäivät, Hanasaari
3. Hyvärinen V. & Vehviläinen, B. 1980. The influence of forest draining on discharge in Finland. Nordic Hydrological Conference, Hanasaari
4. Mustonen, S. & Seuna, P. 1971. Metsäojituksen vaikutuksesta suon hydrologiaan. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 2.
5. Vehviläinen, B. 1979. Metsäojituksen vaikutuksista suon ja vesistöalueen vesitalouteen. Helsingin Yliopisto, Geofysiikan laitos
6. Vesihallitus, 1973. Vesistöjen säännöstelykustannukset. Tiedotus 41.



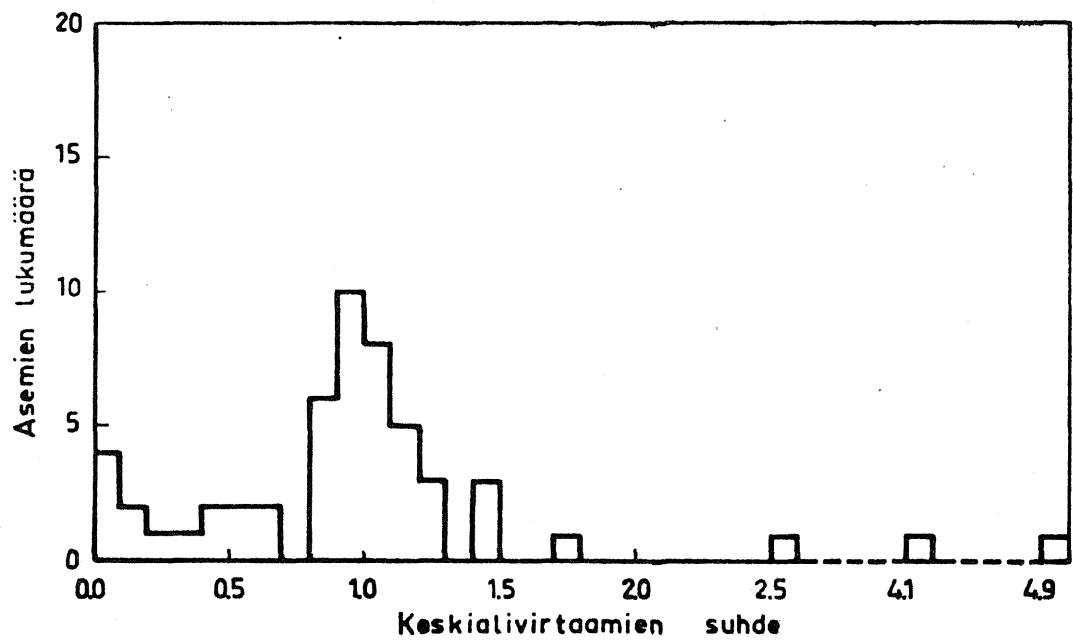
Kuva 1. Säännöstellyn järvipinta-alan ja tekoaltaiden alan kehitys Suomessa (Vesihallitus 1973)



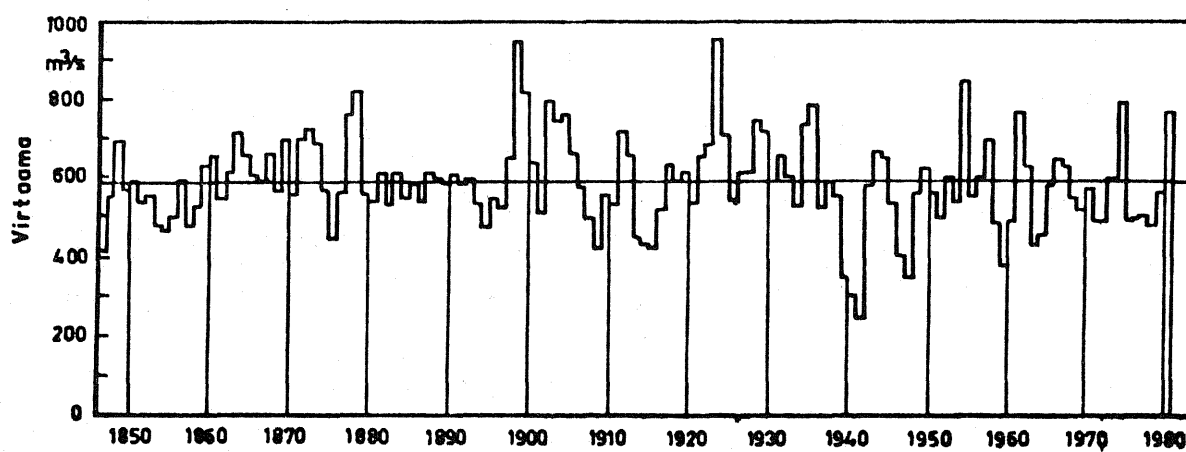
Kuva 2. Jaksojen 1971-80 ja 1931-60 keskivirtaamien suhteen jakauma 53 virtaama-asemalla



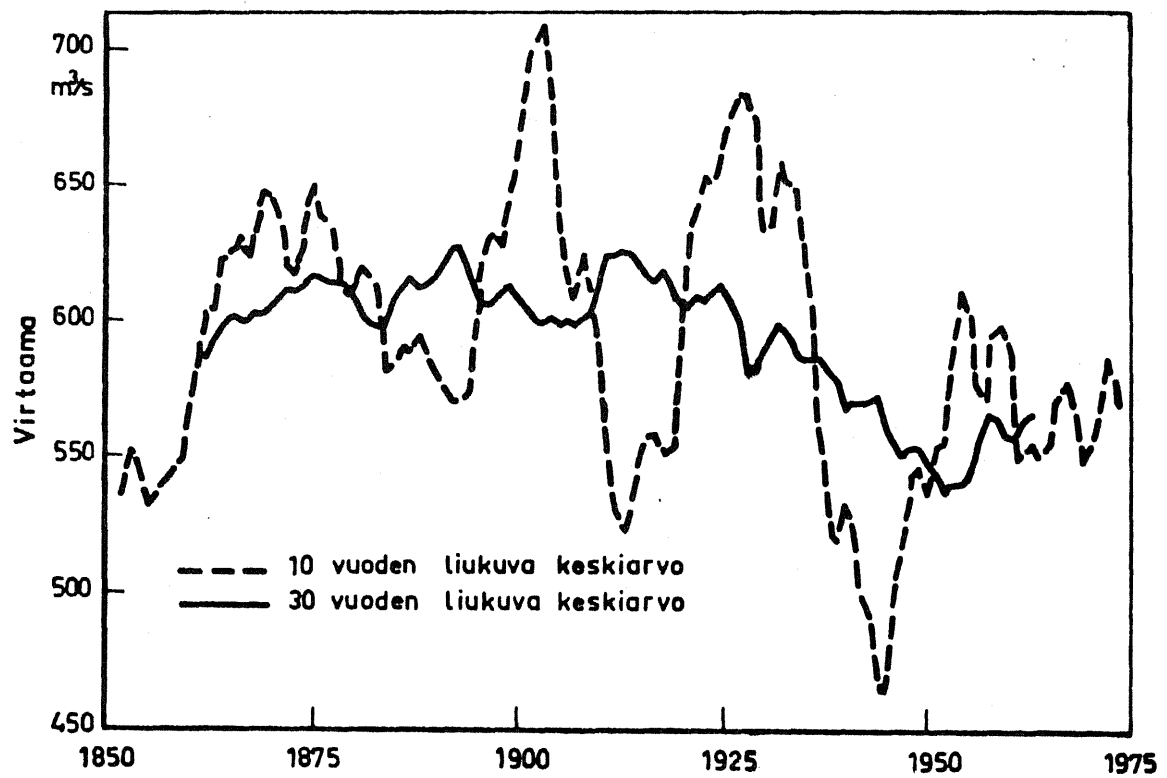
Kuva 3. Jaksojen 1971-80 ja 1931-60 keskiylivirtaamien suhteen jakauma 53 virtaama-
asemalla



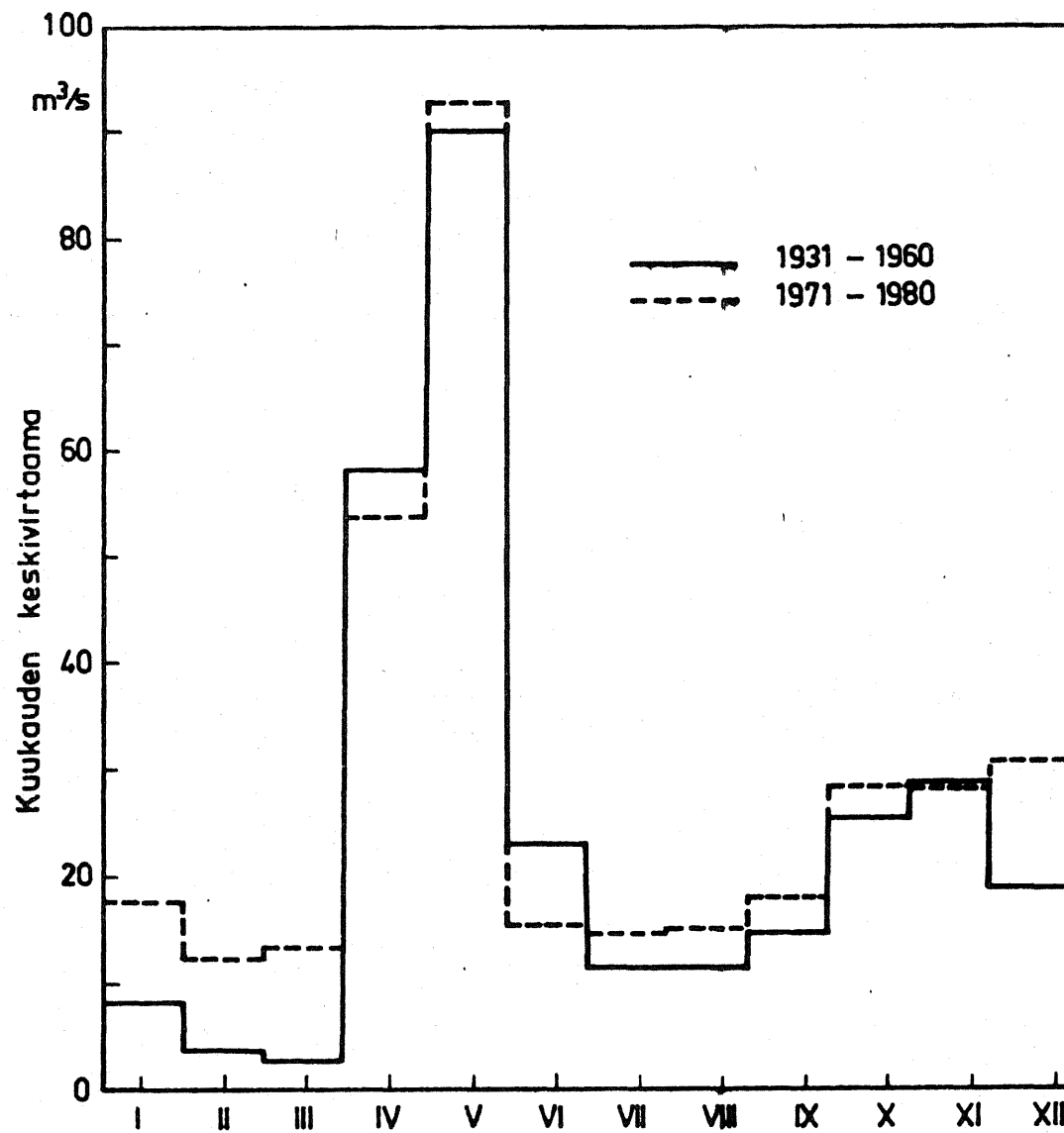
Kuva 4. Jaksojen 1971-80 ja 1931-60 keskielivirtaamien suhteen jakauma 53 virtaama-asemalla



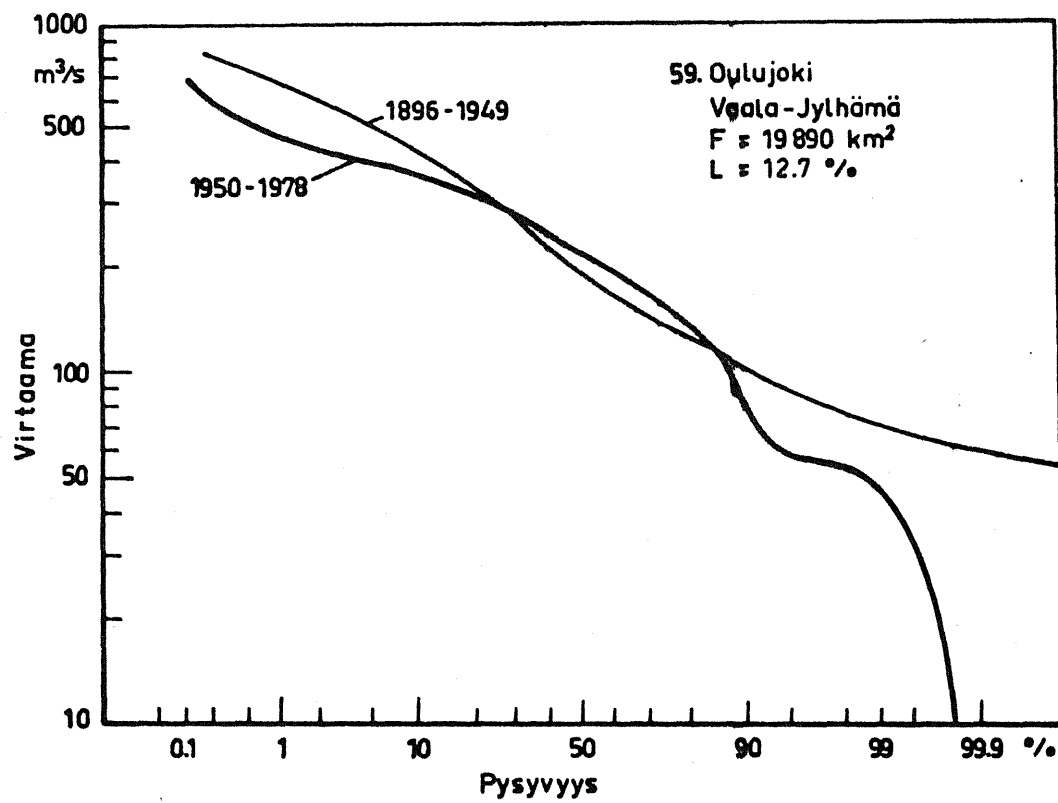
Kuva 5. Vuoksen keskivirtaamat vuosina 1847-1981



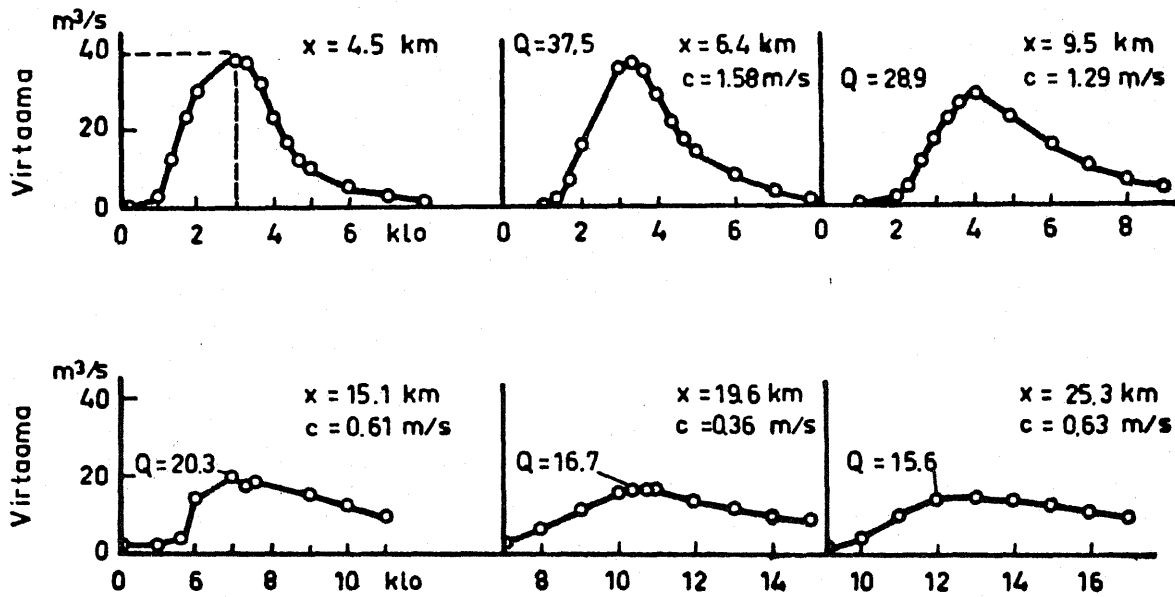
Kuva 6. Vuoksen keskivirtaaman 10 ja 30 vuoden liukuvat keskiarvot



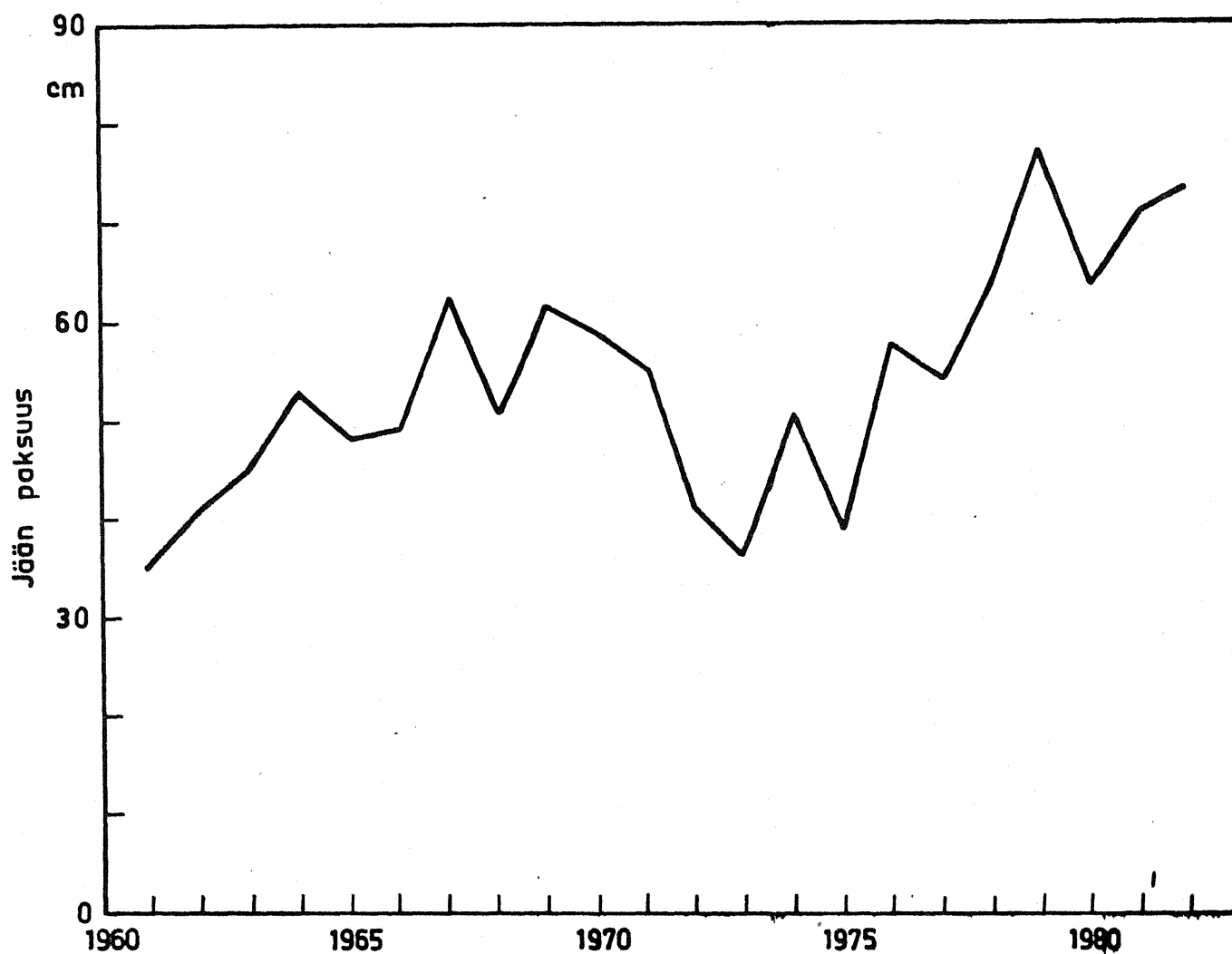
Kuva 7. Kalajoen Hihnalankosken virtaaman kuukausi-keskiarvot jaksoilla 1931-1960 ja 1971-1980



Kuva 8. Oulujoen Jylhämän virtaaman pysyvyyskäyrät jaksoilta 1896-1949 ja 1950-1978



Kuva 9. Vuorokausisäännöstelyn aiheuttaman virtaama-aallon ($40 \text{ m}^3/\text{s}$ kolmen tunnin ajan) vaimeneminen Perhonjoella etäisyyden (x) kasvaessa Kaitforsin voimalaitoksella



Kuva 10. Tammi-maaliskuun keskimääräinen jäänpaksuus Kalajoessa Ylivieskan kohdalla jaksolla 1961-1980

Tapani Väänttinen

Mikkelin läänin Maatalouskeskus

MAATALOUS JA TULVASUOJELU

(Esitelmä jaetaan seminaarissa)

Östen Karlström

Fiskeri-intendentin virasto, Luleå

RUOTSIN JOKIEN KALANTUOTANTO JA VESISTÖJEN
MUUTTUMINEN

(Esitelmä jaetaan seminaarissa)

POHJANMAAN JOKIEN KALATALOUDELLINEN KÄYTTÖ

Tuottoarvioiden osalta keskityn tässä esityksessä Pohjanmaan n. $10-30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ keskivirtaaman omaaviin jokiin, kun taas kalataloudelliset toimenpiteet voidaan jossain määrin yleistää myös muita jokia koskeviksi.

Tietyn kokoisiin jokiin keskittyminen perustuu tällaisten jokien käyttötavasta ja käyttösuunnitelmista käytyyn keskusteluun ja tässä yhteydessä tehtyyn tutkimukseen. Kun tarkastelun kohteena olevissa vesistöissä on vähän järviä, on tämä jo aiheuttanut tulvasuojelutarvetta. Tulvasuojelussa on erääksi keinoksi valittu varastotilan lisääminen rakentamalla tekoaltaita. Näin on samalla saatu edellytykset voimalaitostamiselle. Tällainen vesistörakentamismalli on kuitenkin ollut erityisen tuhoisa luonnontaloudelle ja sen edellytyksille, niin että on voitu puhua selvästi kilpailevista käyttövaihtoehdoista. Suomalalle rakennetut tekoaltaat ovat alentaneet talviaikaisia happipitoisuuksia pääosassa jokiuomaa sekä lisänneet kesäaikaista levätuotantoa aina siinä määrin, että jokikaloissa on ollut makuvirheitä.

Kalatalouden tuottoarvioiden esittäminen vesistörakennusmallin tuoton rinnalla perustuu ensinnä toteamukseen, että luonnontalouden tuotannon arvo suhteessa sähköntuotantoon kasvaa joen koon pienetessä. Kalantuotanto ei ole yhtä selvästi riippuvainen vesimäärästä kuin vesivoiman tuotto, vaan esim. tuotantopinta-ala on usein parempi mittayksikkö. Näin ollen jokien koon pienetessä voidaan saavuttaa alue, jossa luonnontalouden tuotanto tulee vesivoiman tuottoa suuremmaksi. Mahdollisesti tällä alueella liikutaan jo Pohjanmaan $10-30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ virtaaman joilla, koska vesien käytön kokonaissuunnittelussa varastotilavuuden lisäämistä ensisijaisesti voimalaitosrakentamiseen liittyvänä kustannuksena ei yleensä pidetty taloudellisesti mahdollisena. Useilla Pohjanmaan joilla on keskeiset tulvasuojelutoimenpiteet kuitenkin jo tehty.

Tehtävänä ei ole nyt pohtia voimatalouden kannattavuutta, mihin en tunnetusti omaa edellytyksiäkään, vaan esittää keinoja jokien kalataloudellisen tuotannon tehostamiselle. Tämän kokouksen tavoitteita varten tarvitaan myös yleisluonteinen arvio Pohjanmaan keskikokoisten jokien luonnontuotannon mahdollisesta (potentiaalisesta) arvosta. Täksi olen eri yhteyksissä ilmoittanut 2-3 miljoonaa vuodessa. Esitän arviolle lyhyen perustelun.

VEDEN LAATU

Ennen näitä pohdintoja on kuitenkin tarpeellista kysyä, onko Pohjanmaan jokien veden laatu riittävän hyvä ja vakiintunut, että luonnontalouden kunnostamiseen on riittävät edellytykset.

Miksei myös, ovatko luonnontalouden kriisitekijät, jotka yleensä ovat tosin ihmisen aiheuttamia, siinä määrin arvioitavissa, että keskituotto pidemmällä aikavälillä voidaan esittää.

Alueen joet ovat ruskeavetisinä suhteellisen happamia ja rautapitoisia. Ojitustoiminnan sekä osin sadeveden happamuuden lisääntymisen vuoksi jokivesien happamuus on usein talviaikana lisääntynyt (Laaksonen & Malin 1980), niin että happamuus muodostaa uhan kalantuotannolle. Sadeveden happamuuden muutos vaikuttaa jo koko rannikkoalueellamme (Kenttämies 1979). Pohjanmaan alueella vaikutus on vähäisempi kuin maan eteläosissa ja se jää merkitykseltään humus- ja alunamaiden pH-vaikutuksen varjoon. Kuitenkin etenkin alunamaiden ja myös rautayhdisteiden huuhtoutuman lisääjänä sadeveden happamuudella on merkitystä (Tares 1982). Kansainvälisiä ja kansallisia ilmansuojelupäätöksiä eittämättä tarvitaan.

Kun useissa alueen joissa pH talvella tai kevättulvan aikana laskee 5 ja 6 välille ja ajoittain jopa lähelle 5:ttä, en arvioi lohen enää pystyvän muodostamaan näissä joissa luonnonoloissa lisääntyviä vahvoja kantoja (ks. esim. Grande et al. 1978). Tosin Kiiminkijoki oli lohijoki vielä 1960-luvulla ja 1970-luvun istutukset eivät ole olleet tuoksettomia. Useimpia muita lajeja ja näiden poikasia happaman ja rautapitoisen veden en katso ratkaisevassa määrin häiritsevän. Happamuus on ilmeisesti jopa useimmissa Pohjanmaan joissa aiheuttanut laaja-alaista tuhoa, mutta tämä happamuus on ollut nimen omaan peräisin alunamaiden huuhtoutumisesta kuivatustöiden yhteydessä. Tällaisilta tuhoilta tulisi tulevaisuudessa ainakin pohjoisimmilla joilla pystyä välttymään. Alunamailla tällä alueella yleensä tulvasuojelutyöt on suoritettu.

Kalojen menestymisessä happamassa vedessä ovat merkittäviä seuraavat tekijät:

1) Kantojen sopeutuminen alhaisempaan happamuuteen (ks. Salonen 1982). Alueella on viljelyyn käytettävissä mm. ruskeavetisen Lestijoen taimenkanta.

2) Humus toimii samalla kun se on rautayhdisteiden kuljettaja, näiden sitojana. Perämeren tutkimusaseman aineiston (K. Heikkinen) mukaan rauta on lähes täysin sitoutunut molekyylipainoltaan yli 20 000 humusfraktioon. Alhaisimmissa pH-arvoissa tosin sidos vapautuu. Rautaa on alueen joissa 1-2, jopa 1-3 mg·l⁻¹.

3) Tuotantokauden aikana pH on ajoittain kohonnut, mikä johtuu ilmeisesti ravinteisuuden aiheuttamasta yhteytystoiminnasta (Laaksonen & Malin 1980).

Kesäaikainen korkeampi pH on tärkeä esim. ravun lisääntymiselle, minkä katsotaan häiriintyvän pH:ssa alle 6 (Salonen 1982). Käytännössä pyyntivahvat rapukannat onkin tavattu sekä Pyhäjoessa (Niemi 1982) että Kiiminkijoessa aina 5 mg·l⁻¹ rautapitoisuudessa. Kiiminkijoen esiintymä on joen ruskeavetisimmässä haarassa Nuorittajoessa, missä pH on talvella alhainen ja kevättulvan aikana jopa hieman alle 5. Tällaiset olosuhteet merkitsevät toki jo ravulle huomattavaa stressiä.

Humuspitoisissa joissa olisi ilmeisesti aina pyrittävä elvyttämään tällaisissa olosuhteissa kehittyneitä kantoja. Vastakuoriutuneiden poikasten katsotaan olevan alttiimpia happamuuden vaikutukselle. Ängerån-nimisessä purossa Ruotsin rannikolla puroon nousevista kevätkutuisista lajeista säyneen kutu epäonnistui pH:n laskiessa alle 5:den. Yhtenä vuonna ei havaittu myöskään harrin kutuneen, mutta tällöin ei ollut kutunousua. (Müller 1982). Purossa esiintyi purotaimenta.

Happamuuden katsotaan edelleen estävän kalojen kutua tai ainakin heikentävän mädin laatua. Soivio (1982) esittää ulkomaisen aineiston perusteella pH 6:n rajaksi, minkä alapuolella mädin laatu on merkittävästi heikentynyt. Mikäli näin on laita myös oloihimme sopeutuneiden kantojen osalta, on merivaellusvaihe hyvin oleellinen monien lajien kudun onnistumiselle. pH on merialueilla, myös Perämerellä, runsas 7.5.

Happamuuden lisääntymisen torjumiseksi Pohjanmaan humuspitoisella alueella tulisi metsä- ja suo-ojituksen vesien keruualtaiden rakentamisen ohella ilmeisesti suorittaa kokeita myös esim. dolomiittikivien käytöstä. Tämä voisi materiaalina olla edullista esim. koskia kunnostettaessa.

HYÖDYNTÄMISEN TAKTIikka JA KÄYTÄNTÖ

Luonnontaloutta hyödynnettäessä on ensimmäiseksi aihetta kysyä, esiintyykö sen tuotantokoneistossa vajaatuottoisuutta pitkäaikaisten haitallisten toimiemme (Tuomi-Nikula 1981) johdosta. Olosuhteiden parantuessa eivät arvoltaan tuottavimmat lajit pystykään palautumaan esim. tuhouduttuaan tai lisääntyneiden muiden lajien vaikutuksen vuoksi. Tällaisten tuotantoaukkojen kunnostustoimet ovat erityisen edullisia, jos elvytetty kanta pystyy lisääntymään omatoimisesti.

Tuotantokoneiston kunnostaminen jokialueillamme on useilta osin selvästi mahdollista:

1. Ravun istuttaminen, 2) Eräiden jokisuussa kutevien ja mereen vaeltavien kantojen palauttaminen ja 3) Jokivarteen nouseva vaelluskala.

Rapuistutukset ovat toimenpiteenä yksinkertaisia. Rapuja istutetaan jokivarteen n. 500 yks. enintään puolen kilometrin välein. Rapukantojen pienennyttyä on ilmeistä, että istutettavia rapuja saadaan vuosittain vain joillakin jokiosuuksilla. Jokien käytön kannalta oleellista raputuotantoa käsittelee tässä semi-naarissa tarkemmin alan tutkija. Raputuotantoon liittyy selviä riskejä. Vesistörakentaminen on ollut erityisen haitallista nimen omaan rapukannoille ja jatkuvasti on aihetta epäillä, että erilaiset vesistömuutokset (myös jäte- ja ojitusvedet) esim. altistaisivat rapuja rutolle heikentämällä niiden kuntoa. Riskiä olisi pienennettävä sekä vesistöstä ja sen osasta toiseen siirrettävien pyyntilaitteiden ja kaluston desinfioinnilla että rakennus- ja kuivatustoiminnassa.

Jokisuussa kutevat kannat ovat Perämeren rannikolla valtaosana meren suomukalastossa. Useat lajit ovat nyt kuitenkin harvalukuisia, harjus pääosin häipynyt. Jokisuussa ja osin ylemmänä jokivarressa kuteviin lajeihin kuuluvat kevätkutuisista mm. hauki, säyne ja myös lahna sekä ahven, ja talvikutuinen made. Näillä lajeilla on joessa tavallisesti vaeltamattomia kantoja. Ruotsissa Ängerån-nimiseen puroon, jonka keskivirtaama on vajaa $0.5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tulvakin esim. v. 1981 vain runsas $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, on noussut vuosittain (1977-1981) kutemaan keskimäärin yli 200 haukea, 500 madetta ja säynettä ja n. 700 suurehkoa ahventa. Näiden lajien mereen laskeutuvien poikasten määrä on ollut yhteensä lähes 100 000 yks. huolimatta siitä, että säyneen kutu ei usein ole onnistunut (Müller 1982). Harrin poikastuotanto on Ängerån-purossa ollut kolmena vuonna n. 3 000 yks. Jäte- ja toivottavasti myös alunavesihaittojen Pohjanmaan jokisuualueella vähennyttyä on mahdollisuus pyrkiä palauttamaan erityisesti harjuskantoja. Nämä hävisivät Keski-Pohjanmaan rannikolta 1950-luvulla lähes täysin. Meressä laji ei sanottavasti kilpaile ravinnosta taloudellisesti merkittävien lajien kanssa syödessään mm. kilkkejä.

Keväisessä kutunousussa ei ahvenen ja hauen runsaudesta ole sanottavaa haittaa säysykaloille kutuvietin ollessa hallitseva tekijä. Mikäli jokea käytetään tehokkaaseen vaelluskalatuotantoon ei kuitenkaan mateen kannan hoitoon ilman lisäselvityksiä ole syytä lähteä. Veden laadun säilyessä tyydyttävänä mateen voidaan odottaa lisääntyvän ilman hoitotoimenpiteitä. Tältäkin osin jokien hyödyntäminen vaatii myös kalastuksen säätelyä.

Luonnontalouden tuottaman hyödyn kannalta kolmas tärkeä tarkasteltava kohde on ns. varsinaiset vaelluskalat, erityisesti vaellussiika ja taimen. Missä määrin taimen voidaan palauttaa alajuoksujen nyt avoimille koskialueille ja kenties kalateitä ohi alimpien voimalaitosten? Voidaanko myös vaellussiika saada noustamaan jokien keskijuoksulle, kuten aikaisemmin on tapahtunut mm. Iijoessa. - Nykyinen tietämys kutuvaelluksesta on käsittääkseni täysin riittävä jokien keskijuoksujen kantojen palauttamiseen, näin myös ohi ainakin alimman voimalaitoksen. Feromonihypoteesi ohjaavana tekijänä (Nordeng 1977) edellyttää toistettuja istutuksia alueelle, jolle kanta palautetaan.

Kutuvaellusvaiheessa olevien kalojen on todettu reagoivan voimakkaasti oman kantansa smolttien ja poikasten eritteisiin (esim. Selset & Døving 1980). Kun Lestijoella nyt on suoritettu taimenen istutuksia vuodesta 1977 alkaen, voidaan merkittävää paluuvaellusta odottaa kuluvan vuoden 1982 syksyllä. Feromoni-hypoteesin mukaisesti tätä vaellusta tulisi edelleen ohjata suorittamalla poikasistutuksia myös tänä vuonna. Kuoriutuneiden poikasten istutukset ovat Lestijoen yläjuoksulla olleet eräillä alueilla hyvin tuottavia. Yksityiskohtaisemmin tätä menetelmää, jolla Mörrum-joen nyt kuuluisan lohikannan palauttaminen aloitettiin, on poikastuotannon osalta selvittänyt Kiiminkijoen latvavesillä Huovila (1982). Aikaisemmin lähinnä kivisimpun-mudun ja mateen vallitsemalla alueella ovat meritaimenen poikaset tulleet valtalajiksi muodostaen n. puolet biomassasta (46-64 %). Kolmannen kasvukauden poikasmäärä on vaihdellut rajoissa 200-1400·ha⁻¹. Myös jokien vapailla alajuoksilla, jos niillä on koski- tai vuolaita virtaoksia, on Mörrum-joen tapaan syytä käyttää samaa menetelmää tai voimakkaamman muiden lajien paineen takia 1-vuotisten istutusta. Lestijoen alajuoksun istutuksista ei v. 1978 jättevesihaitan vuoksi, jolloin havaittiin lukuisasti kuolleita taimenenpoikasia, saatu tietoon poikastiheyksiä. Lestijoen jokivarret ovat jokiosuuksilla jo nykyisen suhteellisen vähäisen taimen- ja myös ahvensaaliin vuoksi molemmin puolin kalamiesten polkujen uurtamat. Kun kalatievelvoite sisältyy lukuisten pieneköjen rannikojokiemme lupaehtoihin olisi niillä alueilla, missä huomattavia tuotantoalueita on jäljellä voimalaitoksen yläpuolella, aloitettava myös vastaavat istutustoimet. Vielä avoimilla joilla, kuten Kiiminki-, Kuiva- ja Pyhäjoella, istutustoimilla on erityisesti mahdollisuuksia jokivarteen nousevien kantojen tuotannon elvyttämiseen. Kysymykseen voidaanko vaelluskala palauttaa Oulaistenkoskeen voidaan vastata myötvästi, kun jokialueen jättevesien puhdistajat velvoitetaan yhteistyöhön. Kiiminkijoen alajuoksun käyttöä lohen tai taimenen tuotantoon on vielä aiheellista selvittää. Lohen istutukset alueelle eivät ole olleet tuloksettomia. Kuitenkin kudun onnistumista ajatellen joki on varsin hapan. Dolomiittilohkareiden käyttö uittoväyläperkauksia kunnostettaessa saattaisi osin auttaa tilanteessa.

Jokivarren mahdollisena urheilukalastuskohteena on edellä esitelty taimenta. Saaliin sopiva jakaminen meri- ja jokisuukalastuksen kesken on kuitenkin saatava järjestetyksi, jos jotain jokea (esim. Lestijoki, Kiiminkijoki tai Kuivajoki) aletaan suunnitella urheilukalastusalueeksi. Ainakin yksi joki Perämeren rannikolla olisi saatava tällaiseen käyttöön. Monilla jokiosuuksilla paikallisempi virkistyskalastustarve voidaan nykyistä paremmin täyttää istuttamalla jokeen harria. Harrikanta on nyt esim. Kiiminkijoen keskijuoksulla jo täysin ruskeavetisellä alueella.

Näiden ohessa ei ole esteitä laajentaa vaellussiian ja nahkiaisen tuotantoalueita. Ne eivät tulisi kilpailemaan ravinnosta muiden merkittävien lajien kanssa. Nahkiaisen toukat käyttävät rantatörmän lietteessä hyväkseen pinnalla ajautuvia eliöitä ja näiden jätteitä. Pöyryn kalatien rakentaminen n. 20 km Siikajokisuusta ylävirtaan lienee perusteltua jo yksin nahkiaisen tuotantoalueen lisäämisellä.

Siika on aikaisemmin noussut merkittäviä matkoja jokivarsiin esim. Iijoella. Voidaan hyvin ymmärtää, että Pohjanmaan jokivesien laadun vaihdellessa nimen omaan jokivarsien kutukannat ovat ensimmäisinä tuhoutuneet, kun poikaset joutuvat oleskelemaan tai ajautumaan pitkään joessa ja ovat tällöin myös sopivia saaliskohteita muille kalalajeille. Jokisuussa tapahtuneesta kudusta poikaset ajautuvat pian mereen. Tämä luonnon 'hyväksymä' tuotantomalli ei kuitenkaan ole yksiselitteisesti tehokkain. Meri on keväisin viileä elementti huolimatta siitä, että matalilla rannikkoalueilla, esim. Perämeren koillisosassa lämpeneminen on mm. jokivesien vaikutuksesta nopeaa. Siianpoikaset joutuvat todella meressä usein jäälohkareiden sekaan. Näin jokisuiden ympärille suunnitellut luonnonravintolammikot ovat tuotava sijoitus myös jokisuussa tapahtuvan riittävän kudun varmistajana silloin, kun kutukannan koko on jokiveden laadun tai luonnonolosuhteiden vaihtelun takia haitallisen pieni.

Vain jokisuukoskiin ei siian kudun tarvitse rajoittua ainakaan niillä alueilla, missä joki laajenee järvipoukamiksi ja suvan-tojaksoiksi. Siian kutunousu voidaan palauttaa tällaisille osuuk-sille periaatteessa samaan tapaan kuin mitä edellä esitettiin taimenesta. Ahvenrikkaassa järvessä vastakuoriutuneiden poikasten säilyvyys on kuitenkin varsin huono. Sen sijaan istutus paikallisille tulvaniityille ja vastaaville alueille, joista osa voidaan patojärjestelyllä saada käyttöön aina kesä-heinäkuun vaihteeseen, on menetelmänä sekä ilmeisen halpa että tuotava. Tällöin poikaset pääsevät varhain suhteellisen lämpimään ja ravintoa tuottavaan veteen, istutuksessa voidaan käyttää suuria poikastiheyksiä ja heinäkuun alkuun mennessä poikasten säilyvyys on ratkaisevasti lisääntynyt toukkavaiheesta. Paluuvauelluksen ohjaamiseksi mäti- ja poikasistutuksia on tarpeellista tehdä käytetyn järven tai suvanto-osuuden yläpuolisiin koskiin kutunousua edeltävänä syksynä ja keväänä (feromoni-hypoteesin mukaisesti). Vastaavasti kuin jokisuiden luonnonravintolammikoiden käytössä osaa ylempänä jokivarressa olevista kasvatusalueista voidaan käyttää säännöllisesti. Tämän ns. puolalaismenetelmänä tunnetun tekniikan etuna on kasvatusaltaan halpuus ja mahdollisuus tuottaa suuri poikasmäärä pinta-alaa kohden.

Luonnonravintolammikoiden rakennustarpeen ohella jokireittien kalataloudelliseen kunnostukseen liittyy koko joukko muita vesistö-rakennustarvetta. Jo ohimennen mainittu uittosäännön kumoaminen johtanee uittoränneiksi ruopattujen koskien entisöintiin. Iijoella ja Simojoella suoritettujen laskelmien mukaan tällaisen voi odottaa ainakin nelinkertaistavan kosken poikastuotannon. Kevätkesän tulvavesien pidättäminen osittain voi olla edullista myös metsä- ja suo-ojitusalueiden metsänkasvulle. Pienehköjä saostusaltaita tarvittanee turvetuotantoon otettavien alueiden lisäksi yleisemminkin suo- ja metsäojituksen yhteydessä. Osaa näistä voitaneen aikanaan käyttää myös kalanpoikastuotantoon. Joitakin vastaavia varojärjestelyjä on tarpeellista saada myös alunamailla tapahtuvan peruskuivatuksen yhteyteen. Kun ulkomailla on rakennettu tekoallas pelkästään, jotta jokeen saadaan sopivat virtaamat lohien poikastuotantoa varten, voidaan meillä ehkä parhaimmillaan päästä yhdistämään veneily- ja virkistyskäyttötavoitteet, latvavesien laadun parantaminen ja minimivirtaamien pieni kasvu rakentamalla tekojärvi jollekin pohjaltaan sopivalle alueelle.

KALASTUKSEN JÄRJESTELY

Hyvät suunnitelmat voidaan kaataa myös ketjun toisesta päästä, kalastamalla. Luonnontuotanto ei toimi elleivät kalat pala kutemaan. Miksi myöskään kalastaa kalliilla laitteilla merestä, jos kalat voidaan ottaa talteen edullisemmin ja kannan säilymisen turvaavalla tavalla jokisuussa ja joessa. Näinhän olisi hyvä tehdä Itämeren lohenkalastuksenkin osalta. Vaellussiian määrän meressä lisääntyessä on odotettavissa, että ilman kalastusjestyjä verkkokalastus yleistyy voimakkaasti ja se tulee samalla estämään kutukokoisten naarastaimenien paluun jokiin lähes täysin. Merestä saadun siikasaaliin osuuden kasvun on Lind (1981) osoittanut Perämeren pohjukan vaellussiikamerkinnoista v. 1960-1977. Taimenen kutunousu lienee jo nyt vähäistä, kun erimuotoinen verkkopyynti on meressä tehokasta ja jokisuualueilla harjoitetaan vielä verkkokalastusta taimenen nousuaikaan. Kalastuksen järjestelyä tarvitaan siis sekä meressä että joessa.

Uusi kalastuslaki antaa velvoitteet ja mahdollisuudet vesistökohtaiselle yhteistyölle. Velvoite kalakantojen hyväksikäyttöön ei kuitenkaan voi merkitä sitä, että kantoja tulee hoitaa, jotta yleisillä vesialueilla kalastavat voivat ne täysin hyödyntää. Tavoite saada jokin jokireitti nimen omaan urheilukalastuskohteeksi on kalastuksen säätelyn osalta vielä vaateliaampi. Yritys olisi kuitenkin houkutteleva. Esim. Irlannissa on vapaikalastajien saaman lohen arvo Irlannin taloudelle laskettu 40-kertaiseksi verkkokalastajan saaman yhden lohen arvoon verraten (Mills 1982). Kalastus- ja matkailupainetta riittäisi eittämättä nykyaikana myös Pohjanmaan joille, jos kalastus tuottaisi tulosta. Esim. Metsähallitus on v. 1981 myynyt Lestijoen yläjuoksulle n. 1 200 urheilukalastuslupaa. Alueella on jonkin verran järjestä laskeutuvaa taimenta ja istutettua kirjolohta.

TUOTTO

Jokien tuotantomahdollisuudet esitän vuosituottona. Raputuoton määrä on ollut jopa miljoona yksilöä Pyhäjoessa (Huuskonen 1977) ja Siikajoessa Uljuan altaan rakentamisen vuoksi menetetyn vuosisaaliin katsotaan olleen n. 600 000 yks. Lestijoen n. puolen miljoonan yksilön vuosisaaliista 1950-1960 lukujen taitteessa pidän erään tukkuostajan antamien tietojen perusteella varmana. Keskimääräinen tuotanto jokea kohden voi näin ollen olla ainakin 500 000 yksilöä. Tuotannon esteenä ovat lähinnä veden laadusta ja rapurutosta aiheutuvat riskit, mitkä osin on otettu huomioon em. tuottoarvioissa. Kun ravusta maksetaan jo 4:- keskihinta, on 1.5 milj. mk:n nettotuotto ravustuksesta jokea kohden mahdollinen.

Muut lajit:

Nahkiainen	100 000 yks.	100 000:-
Siika (Pohjanlahti ja joki)	45 000 kg	450 000:-
Taimen (Perämeri ja joki)	5 000 kg	150 000:-
Muut lajit,"toimenpiteistä johtuen	250 000 -	400 000:-

TOIMINNAN AIKA

Edellä esitetty tuottolaskelma perustuu valtaosin suhteellisen yksinkertaisiin hoitotoimenpiteisiin, joiden tuotto, joka tosin alkaa yli kymmenenkin vuotta istutuksen jälkeen, voi korvautua jo yhdellä vuosituotolla kuten on ollut laita rapuistutuksissa. Istutusten rinnalla tarvitaan veden laadun valvontaa, jätevesien puhdistamista, ojitusalueiden tai ainakin turvetuotantoalueiden saostusaltaita, luonnonravintolammikoita ja koskien entisöintiä siellä, missä uittosääntö voidaan kumota. Kalateitä on avattava.

Huomattava osa tarvittavasta rahoituksesta voi aikaisempaan tapaan edelleen ohjautua käyttöön Vesihallituksen kautta. Kalamusviranomaisen olisi kuitenkin välttämättä saatava yleishyödyllisiä varoja myös omille momenteilleen, jotta esim. tarvittavat istutukset ja niihin liittyvät kokeet voitaisiin suorittaa mahdollisimman pikaisesti ja tehokkaasti. Pohjanmaan luonnonravintolammikkotyöryhmä on jo esittänyt alueensa jokisuiden luonnonravintolammikoiden tekoon 20 milj. mk. Rannikkojokien edullisten kunnostuskohteiden rahoitustarve on tällöin ainakin yli 50 milj. mk. Jos kannattavuus lasketaan tavanomaisesti perustein (vajaa 10 %), jokien kunnostamiseen voidaan nähdäkseni hyvin sijoittaa huomattavasti runsaammin varoja.

Vesistöjen voimalaitostamiseen verraten kyse on kuitenkin suhteellisen vähäisistä määrärahoista. Esim. Pyhäjoen keskiosan-Pyhänkosken alueen tulvasuojelu- ja voimalaitosrakentaminen vaatisi runsaasti yli 100 milj. mk, siitä noin puolet valtion yleishyödyllisin perustein osoittamia menoarviovaroja. Pyhäjoella on kuitenkin tulvasuojelutoimenpiteet valtaosin tehty. Tulvasuojeltava alue suhteessa esim. allastettavaan alueeseen on pienehkö. Mikäli luonnonkalouden kunnostus on kilpailukykyinen vaihtoehto yhdelläkään Pohjanmaan $10-30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ virtaaman joella, voidaan ainakin esittää luonnonkalouden 'ansainneen' kunnostusrahat valtion kukkarosta koko Pohjanmaan rannikolle.

Olen nyt esittänyt lähinnä Pohjanmaan jokien luonnonkaloustyötä varten tuottolukuja, jotka saattavat tuntua korkeilta huolimatta siitä, että tällaisia saaliita alueen joista tai niiden tuottamana merestä on vielä 1950-luvulla todella saatu. Nyt on jäljellä lähinnä nahkiainen ja osa jokisuun siikakannasta ja jokikalastosta.

Käsittääkseni tilanne on kuitenkin tällä hetkellä sellainen, että on aikaa toteuttaa kalataloudellinen kunnostus vähintään 1-2 joessa ja näin saadaan asiasta pitävämpää näyttöä. Keskeinen osa Pohjanmaan tulvasuojelutoimenpiteistä on jo tähän mennessä tehty ja maassa ei ole sanottavaa tarvetta sähköntuotannon lisäämiseen tällä vuosikymmenellä. Mahdollinen alueellinen sähkön tuotantotarve voidaan ehkä tyydyttää ensisijaisesti alue-lämmitysvoimaloilla. 10 tai mahdollisesti 15 vuotta sekä varoja Pohjanmaan jokien luonnontaloudelle, ainakin niille, joilla vesistöarakentaminen on tähän asti ollut suhteellisen vähäistä. Asemamme on esim. käynnistänyt Kiiminkijoen siikakannan jatkuvan tarkkailun ja jokivarsi-istutuksia suunnitellaan. Tekijöitä ja voimavaroja on alueelle kuitenkin suunnattava lisää. Keskeinen kunnostus, rapu ja siika, tulisi suorittaa kaikissa pääosin tuotantokelpoisissa joissa. Tuottamattomana joet merkitsevät kymmenien miljoonien menetystä vuosittain.

Tällä toimikentällä riittää työtä sitäpaitsi kaikille osapuolille, suojelijoista rakentajiin. 10-15 vuoden jälkeen toimille annettavasta arvostelusta on syytä olla huolestunut vain, jos toiminta on ollut vähäistä.

KIRJALLISUUTTA

- Grande, M., Muniz, I.P. & Andersen, S. 1978. Relative tolerance of some salmonids to acid waters. Verh. Internat. Verein. Limnol. 20: 2076-2084.
- Huovila, J. 1982. Vastakuoriutuneina istutettujen meritaimenen poikasten menestymisestä Kiiminkijoen latvavesillä. Pro gradu-tutkielma, Oulun yliopisto, Eläintieteen laitos.
- Huuskonen, A. 1977. Raputilanteesta Pohjois-Pohjanmaalla 1970-luvulla. Oulun Maatalouskeskus. 29 pp.
- Kenttämies, K. 1979. Airborne sulphur and lake water acidification in Finland. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 30: 42-45.
- Laaksonen, R. & Malin, V. 1980. Vesistöjen veden laadun muutoksista vuosina 1962-1977. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja. 36: 1-70.
- Lind, E.A. 1981. Perhunjoki vaelluskalojen ja nahkiaisen elinympäristönä. Moniste, Helsinki. 201 pp.
- Mills, S. 1982. Salmon: demise of the landlord's fish. New Scientists. Febr. 1982: 364-367.
- Müller, K. 1982. Tillrinnade vattendrags betydelse som reproduktionsområde för kustfiskbeståndet. Arbetsrapport. Umeå Universitet, Institutionen för ekologisk zoologi. 24 pp.

- Niemi, A. 1982. Pyhäjoen yläosan vesistösuunnitelman I vaiheen kalatalouden tarkkailututkimus. Jatkotarkkailu 1978-1981. Kokkolan Vesipiirin Vesitoimisto. Moniste. 27 pp + 6 liitettä.
- Nordeng, H. 1977. A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. *Oikos* 28: 155-159.
- Salonen, K. 1982. Veden happamoitumisen biologiset vaikutukset. *Luonnon Tutkija* 86: 43-46.
- Selset, R. & Døving, K.B. 1980. Behaviour of mature anadromous char (*Salmo alpinus* L.) towards odorants produced by smolts of their own populations. *Acta Phys. Scand.* (1980): 14-23.
- Soivio, A. 1982. Happamoitumisen fysiologisista vaikutuksista kaloissa. *Luonnon Tutkija* 86: 52-54.
- Tares, T. 1982. Maan happamoituminen ja ravinteiden huuhtoutuminen happaman sateen vaikutuksesta. *Luonnon Tutkija* 86: 33-38.
- Tuomi-Nikula, O. 1981. Kalastus Pohjanmaan joissa 1800- ja 1900-luvuilla. Moniste, Jyväskylä/Kokkola. 179 pp.

Dipl.ins. Heikki Nikkarikoski
Kokkolan vesipiirin vesitoimisto

VESIHALLINNON POHJANMAA-TYÖRYHMÄN TULOKSET

JOHDANTO

Vesihallituksessa on jo usean viime vuoden ajan selvitetty Pohjanmaan vesistötöillä aikaansaatuja tuloksia sekä töiden aiheuttamia haittoja ja niiden poistamismahdollisuuksia. Mm. kevään 1981 aikana valmistui vuoden 1978 lopulla asetetun työryhmän raportti, jossa on käsitelty Pohjanmaan vesistötöitä 1950-luvulta lähtien Oulunjoen ja Karvianjoen välisellä alueella (liite 1). Raportissa on käsitelty vain pääjokien ja suurimpien sivujokien hankkeet.

VESISTÖTÖIDEN LAAJUUS

Vesistötöitä on tehty lähes jokaisessa Pohjanmaan vesistössä, sillä tulvan ja veden vaivaamat jokivarsialueet olivat parasta peltomaata ja vesistöjen virtaamavaihtelut olivat vähäjarvisyydestä johtuen erittäin suuret. Hankkeet käsittivät perkauksia, pengerryksiä, maapatoja ja erilaisia kaivutöitä. Maamassoja on näissä töissä käsitelty 1950-luvulta lähtien yhteensä 28 milj. m³. Maansiirtotöiden suurutta kuvaa se, että samanaikaisesti on metsäojitusten yhteydessä käsitelty massoja noin 100 milj. m³ ja peltomaiden kuivatustöissä noin 75 milj. m³.

Rakennettujen tekojärvien säännöstelytilavuus on yhteensä 460 milj. m³ (liite 2). Lisäksi on toteutettu järvien säännöstelyhankkeita. Näiden yhteenlaskettu säännöstelytilavuus on 485 milj. m³ (liite 3). Alueelliset voimayhtiöt ovat rakentaneet pääasiassa tekojärvipatojen yhteyteen pienvesivoimalaitoksia samanaikaisesti valtion tekemien töiden kanssa.

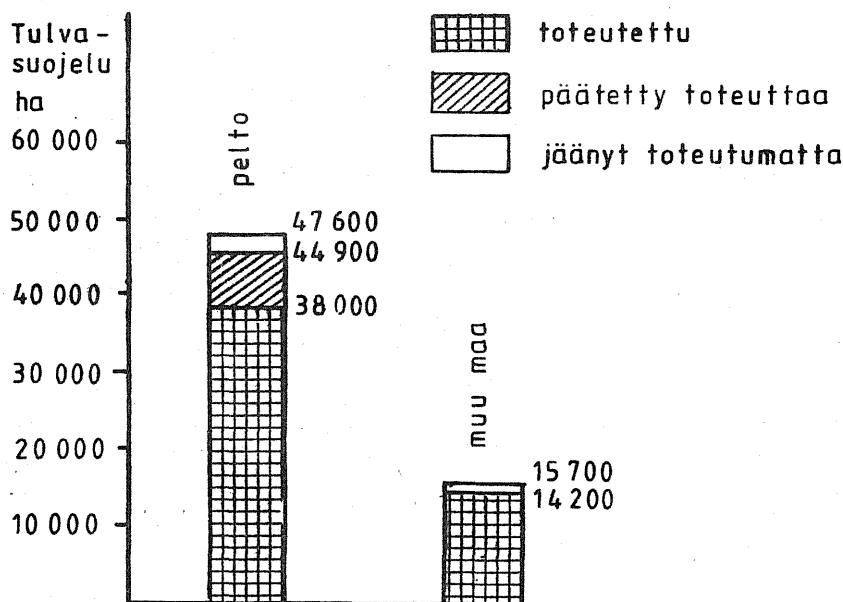
Pohjanmaan alueelta virtaa mereen kevättulvan aikana keskimäärin 5 000 milj. m³ vettä, josta säännöstelyjen avulla kyetään siirtämään noin viidennes käytön kannalta sopivampaan ajankohtaan. Terkojärvien yhteenlaskettu pinta-ala, ilman merestä padottuja makeavesialtaita, on 154 km². Tämän johdosta alueen järvisyys on noussut 2,5 %:sta 2,9 %:iin. Koko maan keskimääräinen järvisyys on 9,4 %.

HANKKEILLE ASETETUT TAVOITTEET JA TULOKSET

Vesistöhankeiden lähtökohtana on useimmiten ollut veden vaivaamien jokivarsipeltojen saaminen tehokkaampaan maataloustuontoon. Sotien jälkeen tarvittiin myös lisää peltoa mm. asutustoimintaa varten. Tulvasuojelun ohella tavoitteena oli varsinkin 1960-luvulta lähtien voimatalouden edistäminen ja eräissä hankkeissa myös uiton ja teollisuuden vedenhankinnan turvaaminen. Myöhemmin 1970-luvulla tuli tavoitteeksi myös vesistöjen virkistyskäytön edistäminen.

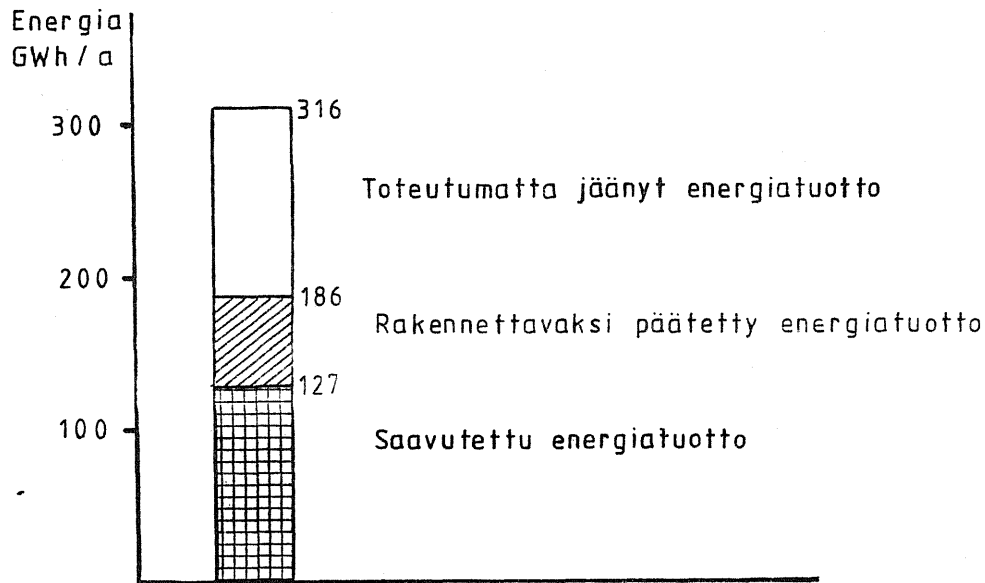
Vesistötöiden maataloudellisena tavoitteena on ollut laadittujen suunnitelmien mukaan suojella tulvilta yhteensä 47 600 ha peltoa ja 15 700 ha muuta maa- ja metsätalousmaata. Vuoden 1980 loppuun mennessä oli suojattu peltoa 38 000 ha. Kesken-eräiset ja toteutettavaksi sovitut tulvasuojelutyöt huomioon ottaen on tulvasuojelutulos yhteensä 44 900 ha peltoa, josta noin kolmanneksella on esiintynyt kevättulvien lisäksi myös kesä- ja syystulvia. Yksistään kesä- ja syystulvilta suojattu alue vastaa 2 - 3 keskikokoisen pitäjän koko peltoalaa.

Tulvasuojelu on jäänyt toteuttamatta 2 700 ha suuruiselta peltoalueelta, mikä on noin 6 % tavoitteena olleista pelto-alueista. Lisäksi muutokset vesistöissä ja niiden valuma-alueilla tehdyt ojitukset ovat aiheuttaneet sen, että noin 5 000 peltohehtaarin alueella on tulvasuojeluvarmuus jäänyt tavoitetta pienemmäksi (kuva 1).



Kuva 1. Tulvasuojelun toteutuminen

Voimatalouden tavoitteena on ollut luoda edellytykset pien-vesivoimalaitosten rakentamiselle tai niiden tuoton lisäämiselle siten, että alueella voitaisiin tuottaa sähköä yhteensä 316 GWh vuodessa. Keskimääräinen vuosituotto oli vuoden 1980 lopun tilanteessa 127 GWh. Lähes kaikki rakennetut voimalaitokset on tehty muista kuin voimataloussyistä tarpeellisten patojen yhteyteen. Kalajoessa, Perhonjoessa, Nurmonjoessa sekä Kyrönjoessa toteutettavaksi sovittujen voimalaitosten valmistuttua on vuosienenergia yhteensä 186 GWh vuodessa eli vajaa 60 % tavoitteena olleesta (kuva 2). Tämä energia vastaa noin 200 000 asukkaan taloussähkön kulutusta. Jäljelle jäävän energiantuoton toteutuminen on riippuvainen käynnissä olevan suunnittelun tuloksista.



Kuva 2. Voimataloushankkeiden toteutuminen

Vesistön virkistyskäytön tuloksena voidaan pitää 154 km² uutta vesialuetta ja noin 100 km kovapohjasta rantaa. Tekojärvien rannoille on vuoteen 1980 mennessä rakennettu 240 loma-asuntoa, kalastuslupia on myyty vuosittain noin 7 600 kpl ja linnustuslupia 5 000 kpl.

Vedenhankinnan parantaminen mm. jokien alivirtaamaa lisäämällä on ollut tavoitteena Kalajoen, Perhonjoen, Ähtävänjoen ja Kyrönjoen vesistöissä. Raahan alueen vesistöjen säännöstely tehtiin lähes yksinomaan vedenhankintaa varten ja Närpiönjoellakin pääasiallinen tavoite oli puunjalostusteollisuuden vedenhankinnan turvaaminen. Ähtävänjokisuussa Luodon- ja Öjänjärven patoaminen Kokkolan ja Pietarsaaren välillä on toteutettu alueella olevan suurteollisuuden ja Kokkolan kaupungin hankkeena. Hankkeiden yhteenlaskettuna vedenhanintatavoitteena on ollut turvata yhteensä 27 m³/s vesimäärä teollisuuden tarpeisiin. Nykyisillä säännöstelyillä saadaan turvattua noin 17 m³/s vesimäärä, kuivimpinakin aikoina, kun se luonnontilassa on ollut alle 5 m³/s. Siika-, Kala- ja Kyrönjoen yhteenlaskettu alivirtaama on ollut useita kertoja alle 3 m³/s (liite 4).

VESISTÖHANKKEIDEN PUUTTEISTA JA HAITOISTA SEKÄ NIIDEN POISTAMISESTA

Tulvasuojelutoimenpiteet on yleensä mitoitettu keskimäärin kerran 20 vuodessa toistuvalla suurimmalla tulvalla. Mitoitustuseruste ei siten takaa tulvasuojelua täysimääräisenä poikkeuksellisten suurten tulvien aikana. Lisäksi pitkän toteutusajan kuluessa tehdyt muut toimenpiteet kuten esimerkiksi ojituksen ovat osin vähentäneet tietyillä alueilla tulvasuojeluvarmuutta. Pysyvää astutusta on pyrkinyt siirtymään suojatulle ja harvoin toistuville tulva-alueille. Esim. Himangalla on omakotiasutusta maatalouspenkereiden takana ja Kalajokivar-

ressa on useita omakotialueita vuoden 1905 tulva-alueilla. Yhteistoiminnassa kuntien kanssa tullaankin ohjaamaan rakentamista ranta-alueilla entistä tarkemmin. Poikkeuksellisiin tulvatilanteisiin pyritään varautumaan ennakoarvioilla ja tehostetulla torjuntatyöllä. Säännöstelykäytön kehittämisen kannalta tärkeimpiä ovat hydrologisten ennusteiden ja vesistömallien laatiminen tärkeimmille vesistöille.

Ympäristösuojelun ja vesistön virkistyskäytön kannalta on voimalaitoskäyttöön otettujen koskien häviäminen ja muuttuminen jokisuvannoiksi sekä yleensä töiden aiheuttamat maisemamuutokset monien mielestä menetyksiä. Muita haittoja ovat olleet vähävetisiksi jääneet jokiosat, voimalaitosten lyhytaikais-säännöstely eräillä alueilla, töiden pitkä kesto aika ja töiden viimeistelyssä esiintyvät puutteet.

Voimalaitosten lyhytaikaissäädön aiheuttamat haitat ja kesäaikaisen lyhytaikaissäädön taloudellinen merkitys on esitetty tutkittavaksi. Samoin on esitetty tutkimus- ja tuotekehittelytoiminnan avulla etsittäväksi sellaisia voimalaitosten rakenne- ja koneratkaisuja, jotka mahdollistavat lyhytaikaissäädön pienentämisen. Tietyillä jokiosilla on vedenkorkeusvaihteluita esitetty pienennettäväksi juoksutus- ja patojärjestelyin.

Pääuomaa on jäänyt vähävetiseksi yhteensä 23 km ja sivu-uomaa 93 km (liite 5). Pääuomalle ja tärkeimmille sivujoille on laadittu pohjapatoja, huuhtelujuoksutuksia ja kesäajan virtaamien lisäämistä sisältävät kunnostussuunnitelmat, jotka pitäisi toteuttaa nopeasti. Pienempien sivujokien vähävetiset osat on esitetty säilytettäväksi käyttökelpoisina uintiin ja karjan juomavedeksi riittävillä juoksutuksilla. Juoksutuksen nostaminen vähävetisillä jokiosilla kesäaikana vastaamaan luonnontilaista keskialivirtaamaa merkitsisi 1,87 GWh:n energianmenetystä vuodessa eli noin 1 %:n saavutettavasta vuosienenergiasta.

Sellaisia kohteita, joissa viimeistelytyöt ovat jääneet puutteelliseksi on esitetty kunnostettavaksi esim. viherrakentamisen avulla. Tekojärvien turvelauttojen poistamiseksi on suositeltu kehitettäväksi taloudellisia keinoja tutkimus- ja koe-toiminnan avulla. Yleisessä käytössä olevat tekojärvien rannat tulisi kunnostaa virkistyskäyttöön sopiviksi.

Eräissä vesistöissä ovat alivirtaamien nostotavoitteet osin töiden keskeneräisyyden osin tavoitetta pienemmän säännöstelytilan vuoksi vielä saavuttamatta. Rakenteilla olevien hankkeiden valmistuttua on alivirtaamatavoitteet esitetty tarkistettavaksi ja tehtäväksi suunnitelma tekojärvien yhteiskäytöstä niin, että ne saavutettaisiin.

Jokien kalataloudellinen tilanne on erityisesti vaellussiian osalta heikentynyt 1950-luvulta oleellisesti (liite 6). Tähän ovat vesistötöiden ohella vaikuttaneet valta- ja metsäojitukset, peltojen lannoituksen ja muun hajakuormituksen lisääntyminen sekä tehostunut jokisuun pyynti. Koska syitä on useita eikä niiden osuutta voi eritellä on vesihallitus esittänyt vuonna

1979, että siikakannat palautettaisiin rakentamalla valtion toimesta riittävästi luonnonravintolammikkopinta-alaa. Maa- ja metsätalousministeriön asettama työryhmä on vuoden 1982 alussa esittänyt rakennettavaksi 900 ha luonnonravintolammikkopinta-alaa 10 vuoden aikana (liite 7). Lisäksi olisi käynnistettävä tutkimusohjelmia, joissa selvitetäisiin mm. jokien luontaiset tuotantomahdollisuudet, säännöstelyn vaikutus, luonnontilaisen tuotantoalueen tarve luonnonravintolammikkoviljelyn yhteydessä ja nahkiaisen siirtoistutus- ja keinoviljelymahdollisuudet. Varsinaisia vaelluskalojen lisääntymisalueita, jokien alaosia, ei vesistötöillä ole pysyvästi tuhottu, ehkä luonnottamatta Perhonjoen alaosan noin 8 km:n pituista perkausta ja teollisuuden vedenhankinnan takia suljettua Närpiönjoen suuta. Teollisuuden toteuttama Luodon-Öjanjärven patoaminen on sulkenut siihen laskevat jokisuut mutta niistäkin merkittävien, Ähtävänjoki oli padottu voimalaitospadoilla jo aikaisemmin (esim. Långfors 1931).

Jokien rapukannat ja -saaliit ovat vähentyneet jo 1930-luvulta lähtien. Raputuhojen syitä ei ole pystytty luotettavasti selvittämään. Rapua esiintyy vesistöissä, missä on suoritettu suuriakin vesistötöitä, mutta toisaalta rapu on hävinnyt sellaisistakin joista, missä vesistötöitä ei ole lainkaan tehty. Kiistatta on kuitenkin osoitettu, että eräillä vesistötöillä on ollut ainakin työnaikaisia haittavaikutuksia. Siikajoella Uljuan rakennustyön yhteydessä imuruoppausmaiden riistäytymisen vesistöön aiheutti raputuhoja Siikajoella. Perkausten tiedetään huonontaneen rapujen lisääntymisalueita ja suoja- paikkoja. Pääosa vesistöistä on kuitenkin raputuotantoon edelleen kelvollista ja vesistötöiden kohdealueena olleet voidaan sellaiseksi kunnostaa. Rapukantojen elvyttäminen on vesistöjen puolesta mahdollista, mikäli rapukantojen säilyminen muuten voidaan turvata. Siirtoistutuksia tulisi tehostaa ja niiden tuloksia seurata.

Vuonna 1980 Pohjanmaan tekojärvien petokaloissa todettu korkea elohopeapitoisuus on vähentänyt kalastusta tekojärvillä. Elohopeaongelma on Pohjanmaan tekojärviä laajempi kysymys, sillä elohopeaa on myöhemmin todettu olevan myös monien luonnontilaistenkin järvien petokaloissa. Elohopeahaittojen syiden selvittämiseksi ja poistamiseksi on vesihallituksessa meneillään tutkimus.

Tavoitteellinen kalataloudellinen suunnittelu edellyttää joka tapauksessa nykyistä perusteellisempaa tietoa Pohjanmaan vesistöjen kalastosta, kalastuksesta ja kalastuksen merkityksestä sekä ennen kaikkea hyvää yhteistoimintaa vesiviranomais- ten ja kalaviranomaisten kesken.

YHTEENVETO

Pohjanmaan vesistöt ovat saaneet alkunsa tulvasuojelutarpeesta. Aikanaan suunnitelmien laatimista kiirehdyttiin ja rahoittajilta vaadittiin päätöksiä töiden aloittamisesta. Maataloutta ei voida harjoittaa tehokkaasti veden vaivaamilla mailla ja kuivavaravaatimukset ovat koneellistumisen myötä yhä kasvaneet. Tehdyt selvitykset osoittavat, että maataloushyödyt tulvasuojelusta olvat olleet esimerkiksi Lapuanjoella laskettua suurempia.

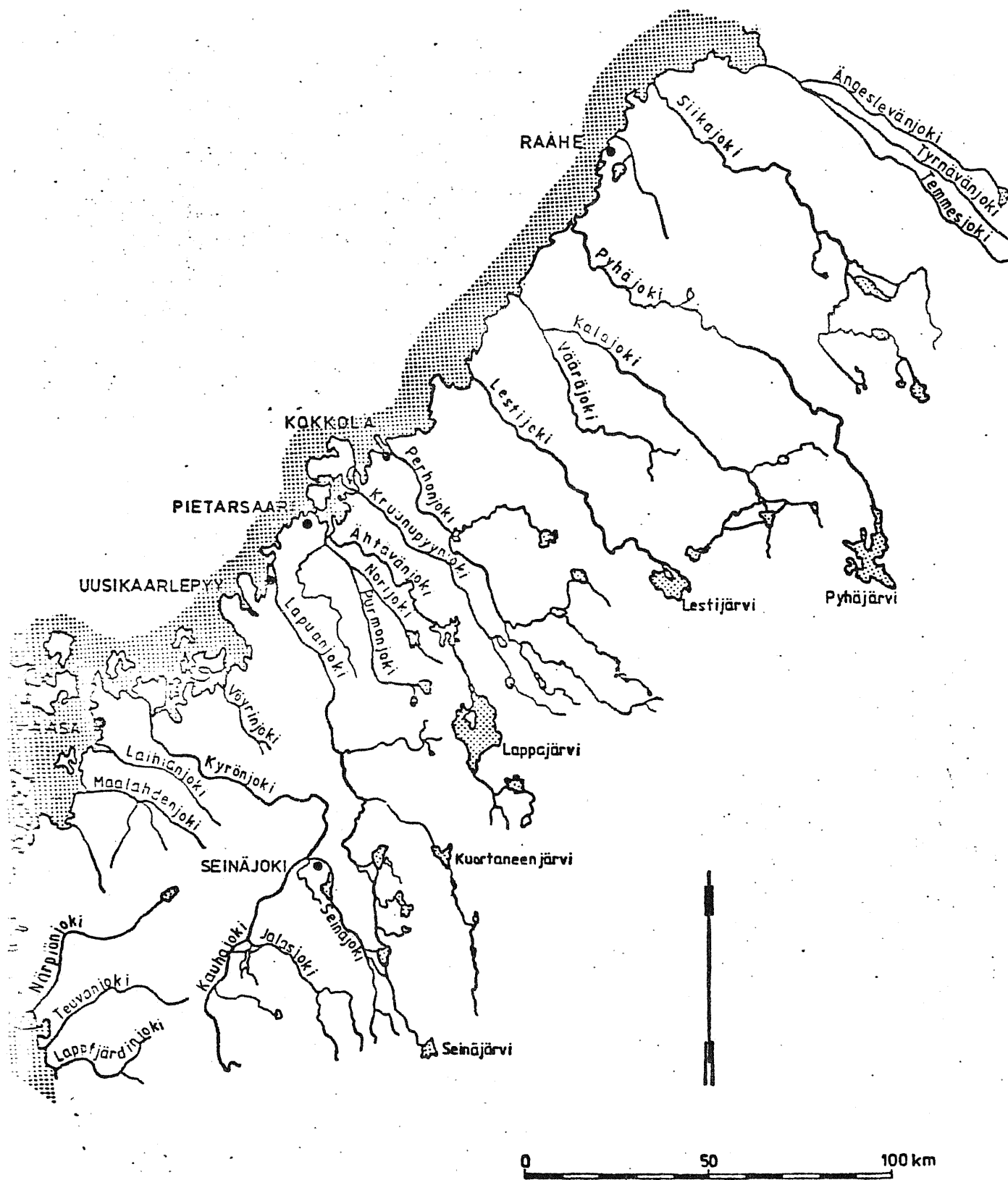
Vuosien 1977 ja 1981 tulvat ovat osoittaneet konkreettisesti oikeaksi suunnitteluperiaatteen, jossa vähäjärvisien jokien tulvahuippua leikataan yläosille rakennettavilla järvi- tai tekojärvisäännöstelyillä. Ilman näitä ei jokien keskiosien suurten tulva-alueiden poistaminen olisi mahdollista. Säännöstelyjen olemassaolo on monin paikoin esim. Siika- ja Kala-jokivarressa edellytyksenä ranta-asutuksen säilymiselle.

Hankkeiden kannattavuuden parantamiseksi tekojärvi- ja säännöstelypatojen yhteyteen liitettiin alueellista voimantantoa palvelevia pienvoimalaitoksia. Energian hinnan jyrkän nousun myötä myös voimataloushyöty on noussut korkeammaksi kuin alkujaan arvioitiin. Siikajoessa ja Perhonjoessa on tavoitteita vähäisempi vesivoiman käyttöönotto vähentänyt näissä vesistöissä toteutettujen säännöstelyhankkeiden kannattavuutta, mutta säännöstelyt ovat näissä osoittautuneet yksistään tulvasuojelun takia välttämättömiksi. Suurelta osin maatalous- ja voimataloushyötyjen varaan aikoinaan tehdyt satoja miljoonia markkoja maksaneiden vesistöiden päätökset kestävät tänäkin päivänä tarkastelun.

Luonnonsuojeluun, virkistyskäyttöön ja maisemaan liittyvät näkökohdat ovat aiheuttaneet eniten keskusteluja ja ristiriitaisia kannanottoja. Liian pitkään jatkuneen rakennustyön aikana ovat tavoitteet ja odotukset juuri näiden osalta voimakkaimmin muuttuneet. Vesihallitus pyrkii mahdollisimman pikaisesti toteuttamaan toimenpiteet, joilla haittoja voidaan poistaa tai vähentää siten, että lopputulos näiltäkin osin olisi hyväksyttävä.

LIITTEET

- 1 Pohjanmaan joet
- 2 Pohjanmaan tekojärvet
- 3 Pohjanmaan säännöstellyt järvet
- 4 Siika-, Kala- ja Kyrönjoen alivirtaamat vv. 1941-1970
- 5 Vesistöiden yhteydessä vähävetisiksi jääneet uomat
- 6 Perhonjoen kauppaan tullut vaellussiikasaalis vv. 1934-1970
- 7 Inventoidut luonnonravintolammikkokohteet



POHJANMAAN TEKÖJÄRVET

Vesistö	Tekojärvi	Valmistumis- vuosi	Pinta-ala km ²	Säätö- tilavuus milj. m ³	Kokonais- tilavuus milj. m ³	Suurin syvyys m	Valuma-alue km ²
Siikajoki	Uljua	1970	28,0	146,0	150,0	11,0	1 453
"	Kortteinen	1960	7,0	9,0	9,0	3,0	362
"	Vähä-Lamujärvi	1968	3,0	3,8	3,5	1,5	22
Pattijoki	Haapajärvi	1967	5,1	11,7	15,5	5,0	80
Pyhäjoki	Piipsjärvi	1979	4,1	..	6,0	3,0	552
Kalajoki	Korpinen	1962	3,0	5,2	5,6	5,0	30
"	Juurikka	1962	1,8	3,6	3,9	4,0	22
"	Hautaperä	1975	7,6	48,2	50,4	16,5	980
"	Kuona	1968	5,4	9,5	11,7	3,0	130
"	Settijärvi	1970	4,2	9,4	10,2	3,0	193
Perhonjoki	Venetjoki	1965	17,5	28,0	28,0	5,5	196
"	Patana	1967	11,0	52,0	54,0	14,0	400
"	Vissavesi	1965	3,7	6,6	7,0	6,0	39
Lapuanjoki	Varpula	1962	5,2	10,3	10,8	6,0	64
"	Hirvijärvi	1973	15,5	40,0	45,0	8,0	645
Kyrönjoki	Liikapuro	1967	3,1	5,3	5,4	5,7	27
"	Pitkämä	1971	1,0	7,0	9,0	26,5	2 000
"	Kalajärvi	1977	11,3	42,0	42,5	7,5	500
"	Kyrkösjärvi	1981	6,4	11,0	16,0	6,0	750
Närpiönjoki	Kivi- ja Levalampi	1977	9,7	15,8	19,0	8,0	150
Yhteensä			153,6	464,4			

POHJANMAAN SÄÄNNÖSTELLYT JÄRVET

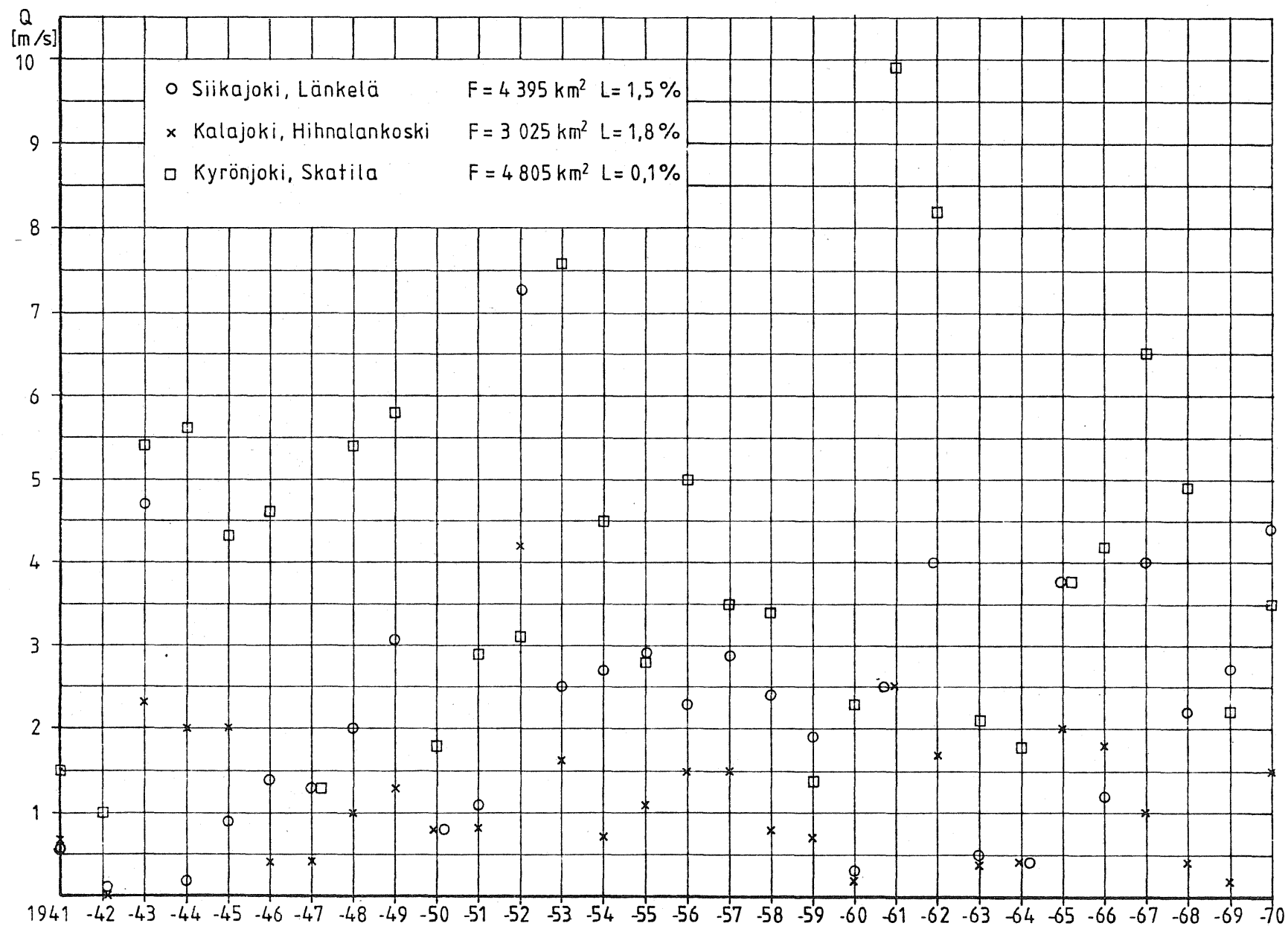
Vesistö	Järvi	Säätöalustelyn aloittamis- vuosi	Pinta-ala km ²	Säätöalustely- tilavuus milj. m ³	Kokonais- tilavuus milj. m ³	Suurin syvyys ylärajalalla m	Valuma-alue km ²
Siikajoki	Iso-Lamujärvi	1971	24,1	27,0	74,0	11,0	185
Pyhäjoki	Pyhäjärvi	1960	126,0	137,0	815,0	31,0	690
Pyhäjoki	Haapajärvi	1960	3,8	4,0	8,7	12,5	1 960
Kalajoki	Reis- ja Vuohojärvi	1970	10,0	20,5	29,4	9,0	407
"	Kiljanjärvi	1970	1,8	3,8	6,0	6,5	80
"	Haapajärvi	1975	3,5	1,6	9,2	10,5	1 460
"	Pidisjärvi	1979	4,5	5,0	11,6	n. 6,0	2 200
Perhönjoki	Halsuanjärvi	1956	7,7	6,5	11,5	3,0	665
Ähtävänjoki	Alajärvi	1981	11,0	10,0	22,0	8,0	465
"	Lappajärvi	1960	142,0	130,0	1 050,0	38,0	1 513
"	Evijärvi	1960	28,0	23,5	47,5	3,5	1 733
Lapuanjoki	Alavudenjärvi	..	1,6	4,5	4,8 (MW)	9,4 (MW)	190
"	Ponnejärvi	..	2,3	4,6	5,5 (MW)	9,5 (MW)	97
"	Tiisjärvi	1973	2,3	2,2	5,2	..	40
"	Kätkänjärvi	1970	2,9	5,2	7,4	3,5	41
"	Rantatöysänjärvi	1970	2,5	3,6	4,8	8,6	225
"	Kuortaneenjärvi	1940	16,4	43,0	60,0 (MW)	17,0 (MW)	1 271
"	Iso- ja Vähä Allasj.	1967	3,6	7,5	8,2	2,2	90
"	Kuotes- ja Putulanjärvi	1967	3,3	3,1	4,2	2,1	37
"	Jääskänjärvi	1967	3,4	6,1	8,0	2,3	47
"	Kuorasjärvi	1967	12,2	19,0	32,0	6,7	73
"	Saarijärvi	1967	0,6	0,7	1,2	2,1	..
"	Saukkojärvi	1972	0,7	0,5	0,7	1,6	..
Kyrönjoki	Seinäjärvi	1957	8,8	11,0	21,3	4,2	99
"	Kotilampi	..	1,1	0,6	55
Oravaisten joki	Keskiträsk	..	1,1	0,5	9
"	Röykasträsket	1701	3,3	3,0	76
Närpiönjoki	Säläsjärvi	1979	0,6	1,0	1,1	8,0	1

Yhteensä

429,1

485,0

Siika-, Kala- ja Kyrönjoen alivirtaamat 1941 - 1970

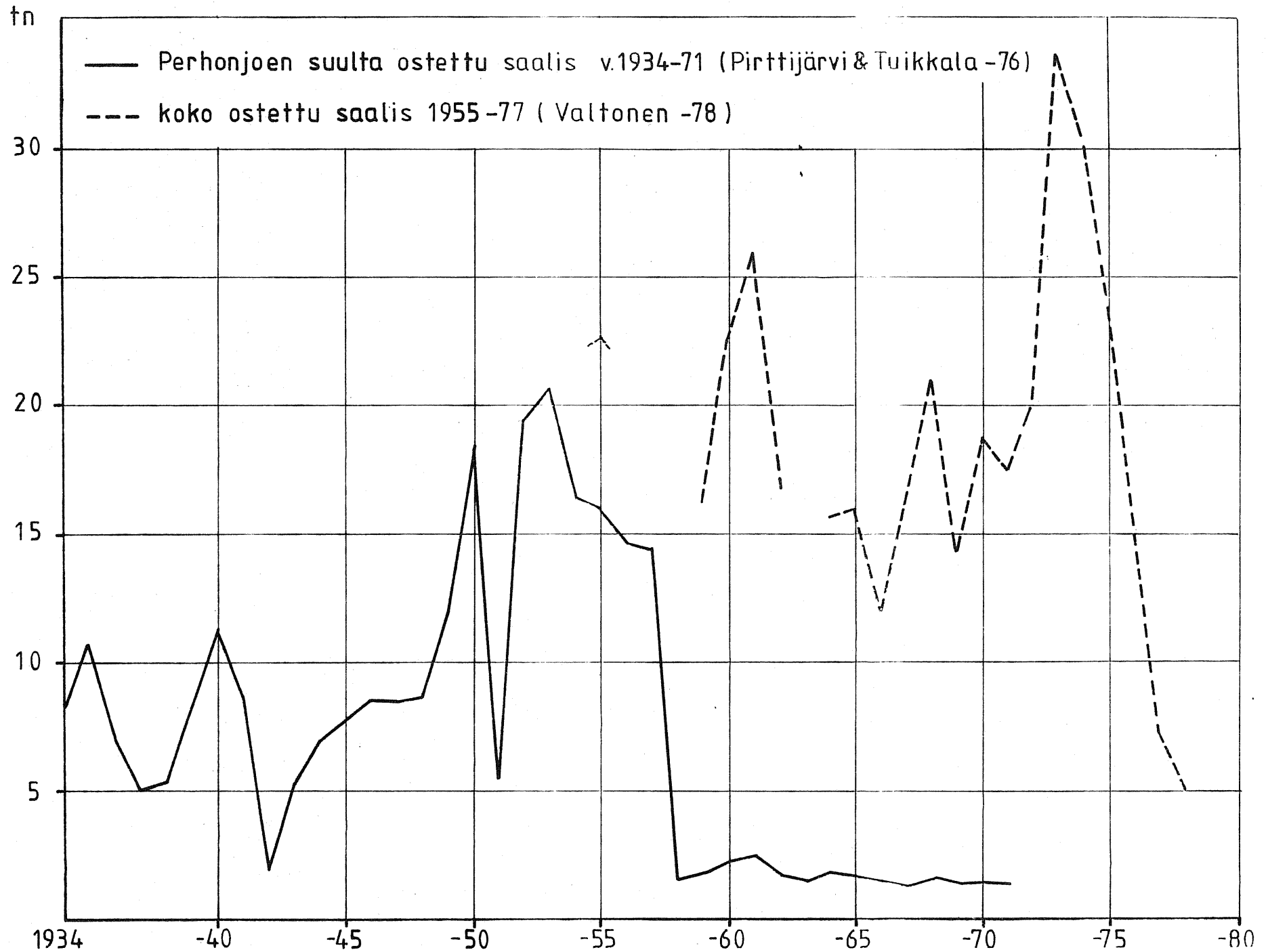


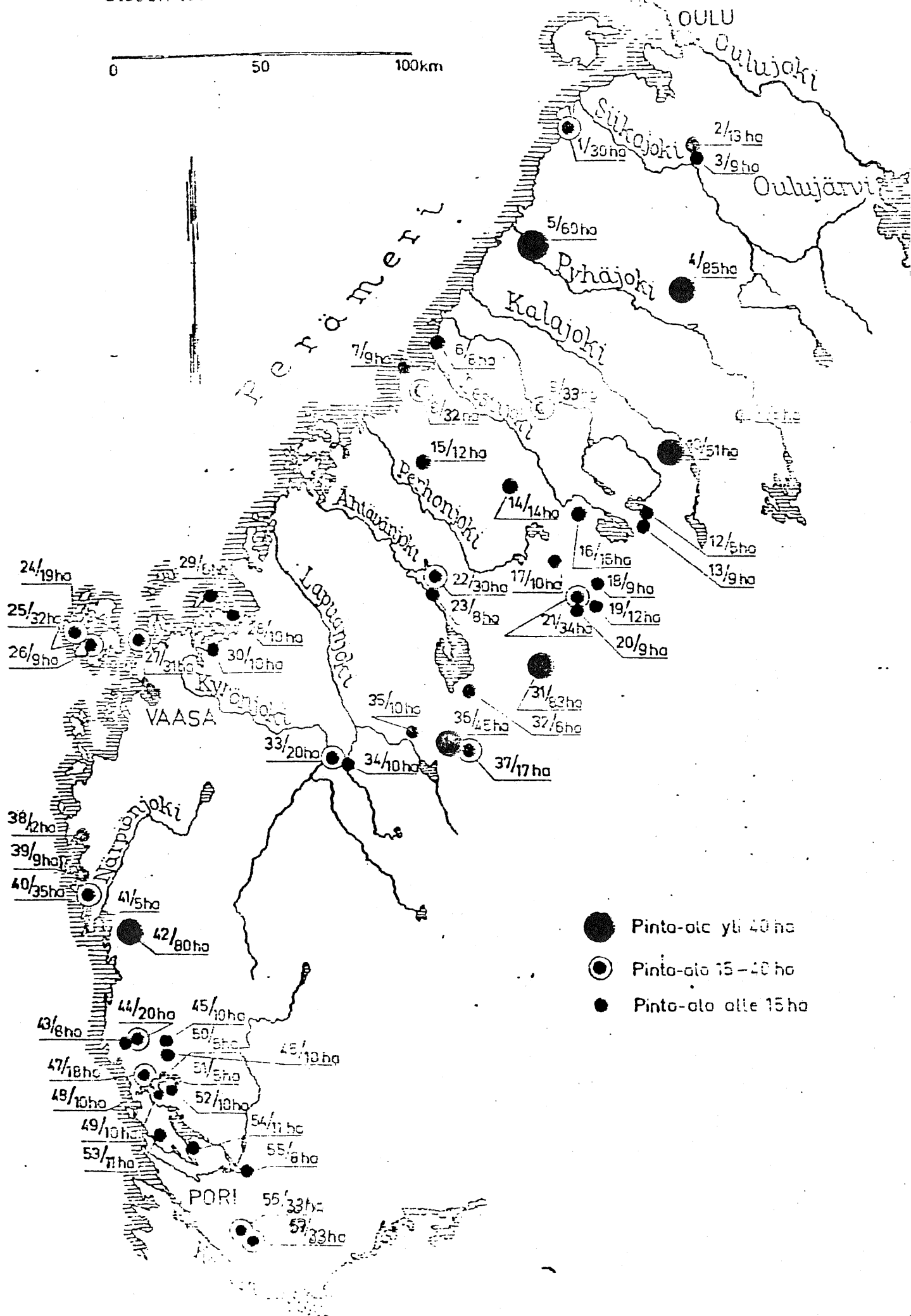
VESISTÖTÖIDEN YHTEYDESSÄ VÄHÄVETISIKSI JÄÄNEET UOMAT

Vesistö	Kohde	Kokonais- pituus km	Koskien pituus km	Kesk. leveys m	Putous m	Luonnontilainen NQ m ³ /s	NQ m ³ /s	Ohijuoksutus m ³ /s	Taloja kpl	Pohja- patoja
Siikajoki	Lämsänkoski- Lamujokisuu	18,8	4,0	40	22	0,43	0,0	0,3	130	(suunn.)
Kalajoki	Oksava	3,6	1,5	40	9	0,9	0,1	0,1 kesä 0,05 talvi	20	6 (suunn.)
"	Kalajanjoki (Hautaperä)	13,8	3,8	20	26	0,5	0,1	0,1	24	1
"	Kuonanjoki (Hautaperä)	6,8	6,0	10	34	0,2	0,0	0,0	10	-
"	Settijoki (Oksava)	1,0	0,6	12	2	0,2	0,0	0,0	7	-
Lapuanjoki	Nurmonjoki (Hirvijärvi)	14,0	6,0	25	51	0,6	0,0	0,1 kesä 0,03 talvi	90	16 (Huuhtelu)
Kyrönjoki	Kauhajoki (Pitkämä)	3,0	1,2	30	30	0,8	0,2	0,05 kesä	20	-
"	Jalasjoki (Pitkämä)	3,0	2,5	25	42	0,7	0,2	0,05 kesä	20	-
"	Seinäjoki (Kalajärvi)	11,0	2,0	25	15	0,0	0,05	0,05	20	4
"	Kihniönjoki (Kalajärvi)	29,0	3,0	20	40	0,15	0,0	0,05	120	1
"	Seinäjoki (Kyrkösjärvi)	11,0	3,0	35	44	0,9	0,1	0,9 kesä 0,1 talvi	200	15

Kaarlelanseudun kalaosuuskunnan ostama vaellussiika 1934-77

Liite 6





FM Kari Savolainen
Oulun yliopisto, Kansantaloustieteen laitos

KÄYTTÖVAIHTOEHTOJEN TALOUDELLISUUS LESTIJOELLA

Lestijoen luonnontalouden elvyttämisen edellytykset - projekti on Suomen Akatemian MAB-toiminnan rahoittama tutkimusohjelma. Projektin kansantaloudellinen osa aloitettiin keväällä 1978. Tällöin tehtiin tutkimuksen taustaa ja ongelmia selvittävä esitutkimus. Varsinainen tutkimus päästiin aloittamaan vuoden 1980 alkupuolella.

Projektista julkaistiin väliraportti maaliskuussa 1981. Seuraavassa esitettävät loppuraportin tiedot perustuvat suurelta osin väliraportin aineistoon ja menetelmään, joskin väliraportissa esitettyjä tietoja on tarkennettu ja korjattu yhteydessä eri asiantuntijapiireihin.

Väliraportissa Lestijoen vesistöalueelle laadittiin kuusi erilaista käyttösuunnitelmaa. Näistä kolme perustui siihen, että Lestijokea kehitetään sen luonnontilan pohjalta ja muiden vaihtoehtojen mukaan jokea hyödynnetään voimatalouskäytössä. Loppuraportissa käyttösuunnitelmia on muutettu siten, että väliraportin suunnitelma n:o II, jossa Lestijoen kalatalouden elvyttämiseen liitettiin lämmön ja sähkön tuotanto lämpövoimalan avulla (20 MW) on jätetty pois. Uutena vaihtoehtona loppuraportissa käsitellään Lestijoen keskiosan rakentamisen ja kalatalouden elvyttämisen yhdistävää vaihtoehtoa. Suunnitelmavaihtoehdot ovat seuraavat:

- I Kalatalouden elvytys Lestijoella
- II Kalatalouden elvytys ja energian tuotanto diesellämpövoimalan avulla
- III Joen keskiosan voimatalousrakentaminen (Polvikosken ja Kannuksen laitokset)
- IV Joen keskiosan ja yläosan rakentaminen (yhteensä kuusi jokivoimalaitosta)
- V Joen keskiosan ja yläosan rakentaminen (ns. keskitetty ratkaisu)
- VI Joen keskiosan rakentaminen ja kalatalouden elvytys

VAIHTOEHTOISTEN SUUNNITELMIEN ARVIOINTI MONIKRITEERIANALYYSIN AVULLA

Seuraavassa esitetään muutamia tutkimuksen menetelmään liittyviä seikkoja.

Monikriteerianalyysi on varsin uusi arviointimenetelmä, joka on tullut lähinnä traditionaalisen, monetäärisen kustannus-hyöty-analyysin ja kustannus-vaikeuttavuusanalyysin rinnalle, ei niinkään kilpailevana vaan täydentävänä menetelmänä. Monikriteeri-

analyysin päämääränä on toimia välineenä erilaisten kilpailevien vaihtoehtojen systemaattisessa arvioinnissa. Analyysissä ei pyritä siinä määrin kuin esim. kustannus-hyötyanalyysissä muuttamaan eri vaihtoehtojen vaikutuksia rahamääräksi, joskin rahamääräisten tekijöiden sisällyttäminen analyysiin parantaa sen tarkkuutta. Seuraavassa esitettävä menetelmä on lähinnä ranskalaisen aluetieteellisen koulukunnan kehittämä. (ks. esim. Guigou 1971).

Monikriteerianalyysin perusta on vaikutusvektorissa, jolla on eri elementtejä. Analyysissä oletetaan aluksi, että jokaiselle suunnitelmavaihtoehdolle voidaan laskea sellainen vaikutusvektori, joka ilmaisee kaikki projektiin liittyvät relevantit seuraukset. Analyysissä voidaan ottaa huomioon sekä kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset että rahamääräiset ja ei-rahamääräiset tekijät. Ongelmaa voidaan lähestyä concordance-analyysin näkökulmasta.

Concordance-analyysi on yksi monikriteeripäätöksenteon operaationaalinen tekniikka. Määrittämällä concordance- ja discordancemitat jokaiselle suunnitelmaparille erikseen, voidaan vaihtoehtoisesti suunnitelmien relatiiviset, pareittaiset preferenssit selvittää. Tuloksia analysoimalla dominointisuhteiden avulla saadaan selville paras suunnitelma.

LUONNONTALOUSSUUNNITELMAT

Kalatalous

Suunnitelman mukaan Lestijokeen istutetaan taimenta, siikaa ja rapua ja luonnonravintolammikoissa kasvatetaan siikaa.

Kokonaisuudessaan kalataloussuunnitelman kustannukset ja tuotot ovat taulukon 1 mukaiset. Taulukon rakennuskustannukset sisältävät lammikon rakentamisen, istutukset ja ensimmäisen tuottovuoteen mennessä syntyvät kustannukset (istutukset, lammikoiden hoidon jne.) 9 prosentin koron mukaan laskettuna. Vuosikustannukset sisältävät lammikoista koituvat menot varsinaisena tuottoaikana. Vuosituotoista on vähennetty pyyntikustannukset.

Taulukko 1. Lestijoen kalatalouden elvyttämisen kustannukset ja tuotot

Kalalaji	Rakennuskustannukset milj. mk	Vuosikustannukset milj. mk	Toimenpiteiden vuosituotto milj.mk
Siika			
lammikot	1.725	0.070	0.320
Siika			
istutus	0.294	0,060	0.475
Taimen	0.196		0.096
Rapu	0.489		0.883
Muut	0.308		0.200
Yht.	3.012	0.130	1.974

Kalataloudellisen kunnostuksen kohteet sijoittuvat ensi sijassa aikaisemman luonnontuotannon palauttamiseen, jolloin toimenpiteiden tuotto on hyvä. Suurin tuotto saadaan ravusta. Tälle on kuitenkin laskettu myös suurin riskimahdollisuus. Todellisuudessa riskiarvio ja käytetty hinnoittelu ovat nykyhinnoin pienentäneet ravun tuottoa lähes puoleen. Kun elvytyskustannuksille lasketaan korko ajalle, jolta toimenpiteet eivät tuota, ovat rakennuskustannukset kohonneet n. kolmanneksella. Valtaosa kustannuksista aiheutuu jokisuun lähistölle rakennettavista luonnonravintolammikoista, joiden suoran tuotannon arvo säilyy mahdollisesta voimalaitosrakentamisesta huolimatta. Näitä lammikoita pidetään kuitenkin merkityksellisinä myös jokisuussa tapahtuvan luontaisen lisääntymisen varmistajana, mikäli jokiveden laadussa ja muissa ympäristöolosuhteissa tapahtuu vaihtelua.

13.8 MW:n lämpövoimala

Tutkimuksessa on toiseksi otettu vaihtoehto, jossa yhdistetään kalatalouden elvytys- ja energian tuotanto lämpövoimalan avulla. 13.8 MW:n voimalan vuosittaiset kustannukset ovat seuraavat:

Huolto- ja voitelukust.	0.479 milj. mk
Henkilökunta	0.560 "
Turve ja öljy	3.019 "
Yht.	4.058 "

Voimalan hankintahinta on noin 24 milj. mk, jossa on mukana 20 prosentin energia-avustus.

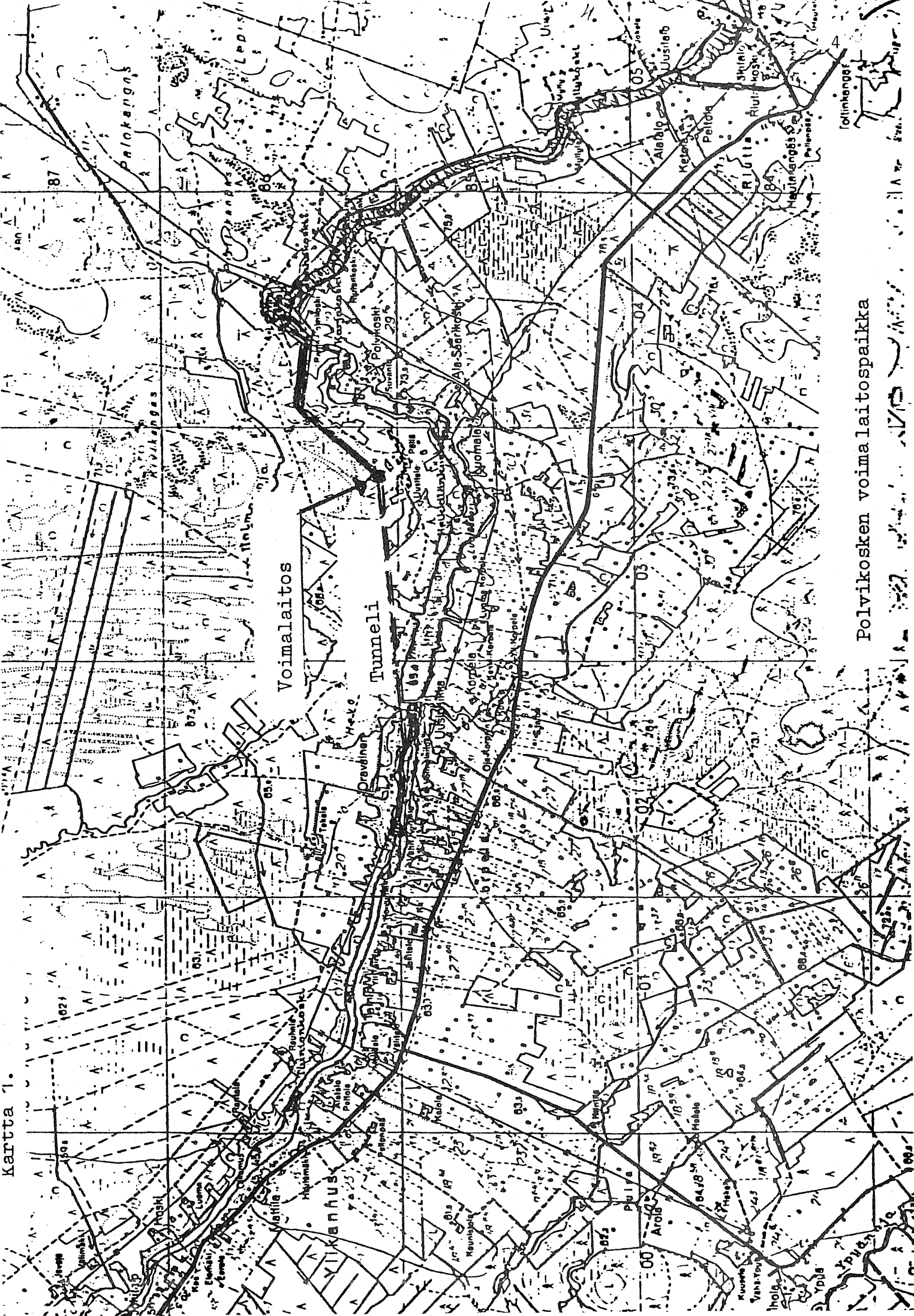
Voimalan tuotot koostuvat sähkön ja lämmön myynnistä seuraavasti. Voimala on edullisimmillaan mahdollisimman pitkällä vuosittaisella käyttöajalla, tehtaen ilmoituksen mukaan jopa 7 000 tunnin käyttöaika on mahdollinen. Seuraavassa maksimaalinen käyttöaika on kuitenkin rajoitettu 5 000 tuntiin.

Lämpö:	$0.9 \times 8.1 \times 100 \text{ mk/MWh} \times 5\,000 \text{ h}$	= 3.65 milj. mk
Sähkö:	$5.5 \text{ MW} \times 150 \text{ mk/MWh} \times 5\,000$	= 4.28 "
Yht.		7.93 "

LESTIJOEN VOIMATALOUSKÄYTTÖ

Lestijoki voidaan voimataloudellisesti jakaa kolmeen osaan. Näistä tällä hetkellä realistisimmat voimatalouskäyttömahdollisuudet ovat keskiosalla, myöhemmin mahdollisesti myöskin yläosalla, mikäli sähkön reaalihinta oleellisesti kohoaa tai saanti vaikeutuu.

Joen voimataloussuunnitelmat koostuvat kolmesta vaihtoehdosta. Näistä ensimmäinen käsittää nykyisen Korpelan voimalaitoksen uudistamisen, toinen edellisen lisäksi joen yläosan rakentamisen jokivoimalaitoksia hyväksikäyttäen ja kolmas Korpelan uudistuksen ja lisäksi yläosan rakentamisen ns. keskitettyä vaihtoehtoa noudattaen.



Polvijoen voimalaitospaikka

Polvijoki

Lestijoen keskiosan rakentaminen

Seuraavassa käsitellään voimalaitosvaihtoehtoista tarkemmin vain joen keskiosan rakentamista, koska se on tällä hetkellä ajankohtaisin voimatalouden kehittämisehdotus. Tällöin rakennettaisiin voimalaitos Kannukseen ja uudistettaisiin nykyistä Korpelan voimalaitosta. "Uudistaminen" lienee kuitenkin hieman väärä ilmaisu, sillä suunnitelmissa tähdätään sellaiseen ratkaisuun, jossa nykyistä Korpelan voimalaitosta ja patoa ei käytettäisi enää hyväksi kuin ylävesipinnan säilyttämiseen nykyisessä tasossaan sekä tulvavesien ajamiseen. Nykyinen voimalaitos kaipaakaan tapauksessa uudistamista, onhan se jo lähes kuusikymmentä vuotta vanha. Taloudellisesti vanhan voimalaitoksen sellaisenaan uudistaminen ei liene kuitenkaan kannattava vaihtoehto.

Uusi voimalaitos (Polvikoski) tulisi ulottumaan jonkin verran laajemmalle kuin nykyinen laitos. Tällöin tulisivat (ks. kartta seuraavalla sivulla) mukaan Korpelan yläpuolella olevat kosket aina Toholammin suvantoon saakka. Näin saataisiin mukaan Korpelan alueen putouskorkeutta noin 27 metriä. Voimalaitos olisi ns. tunnelivoimalaitos, jossa avokanava, voimalaitos ja tunneli sijaitsisivat joen pohjoispuolella. Säännöstelypato tulisi sijoitettavaksi Jauhokosken ylä- tai alapuolelle.

Toinen keskiosan voimalaitoksista tulisi lähellä Kannuksen keskustaa, Niemoseen rakennettavan tasauspäädön yhteyteen. Lisäksi rakennettaisiin jokeen vielä virtaaman tasaamiseksi pohjapato Kannuksen alapuolelle, noin 5 km:n päähän Niemosesta.

Keskiosan voimalaitosten suuruus ja energian arvo käyvät ilmi seuraavasta taulukosta. Luvut ovat suunnittelun pohjaksi tehtyjä alustavia arvioita. (Energian arvo vuoden -80 hintatasossa).

Taulukko 2. Lestijoen keskiosan voimalaitokset

	Rak.kustann. milj.mk	Teho MW	Energia GWh/a	E:n arvo milj. mk/a
Polvikoski	30.00	6.40	16.20	3.27
Kannus	12.00	2.00	5.40	1.14
Yht.	42.00	8.40	21.60	4.41

VAIHTOEHTOJEN ARVIOINTI ERI KRITEERIEN AVULLA

Seuraavassa suunnitelmavaihtoehtoja verrataan toisiinsa seitsemän eri kriteerin avulla. Nämä kriteerit on pyritty valitsemaan siten, että ne kattavat koko ongelma-alueen mahdollisimman tarkasti, eivät ole päällekkäisiä ja niistä mahdollisimman monta voidaan kuvata erilaisten tunnuslukujen avulla. Täysin subjektiivisia arvoja ovat tutkimuksessa saaneet ainoastaan sosiaaliset vaikutukset, riskitekijät ja virkistyskäyttö. Kannattavuudelle on laskettu rahamääräisiin arvoihin perustuva tunnusluku: hyöty-kustannussuhde seuraavan kaavan mukaisesti.

$$HK_n = \frac{B - C}{K}, \text{ jossa}$$

B = juoksevien hyötyjen (tuottojen) nykyarvojen summa perusvuonna

C = juoksevien kustannusten (haittojen) nykyarvojen summa perusvuonna

K = hankintamenoerien nykyarvojen summa perusvuonna

Kyseessä on ns. nettoperiaatteen mukainen hyöty-kustannussuhde, joka pyrkii maksimoimaan investointisummalla saatavaa nettohyötyä. Työllisyys, ympäristöarvot ja elinkeinoelämää kohdistuvat vaikutukset on arvioitu ko. kriteereitä kuvaavilla tunnusluvuilla.

VAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Seuraavassa käsitellään vaihtoehtoisia Lestijoen vesistön hyödyntämismahdollisuuksia kokonaisuuksina, jolloin niiden sisältämät toimet ovat

Vaihtoehto	Toimi
I	Kalatalouden elvytys Lestijoella
II	Kalatalouden elvytys ja energian tuotanto 13.8 MW:n lämpövoimalan avulla
III	Joen keskiosan voimatalousrakentaminen (Polvikosken ja Kannuksen laitokset) x)
IV	Joen keskiosan ja yläosan rakentaminen (neljä jokivoimalaa)
V	Joen keskiosan ja yläosan rakentaminen (keskitehty ratkaisu)
VI	Joen keskiosan rakentaminen ja kalatalouden elvytys

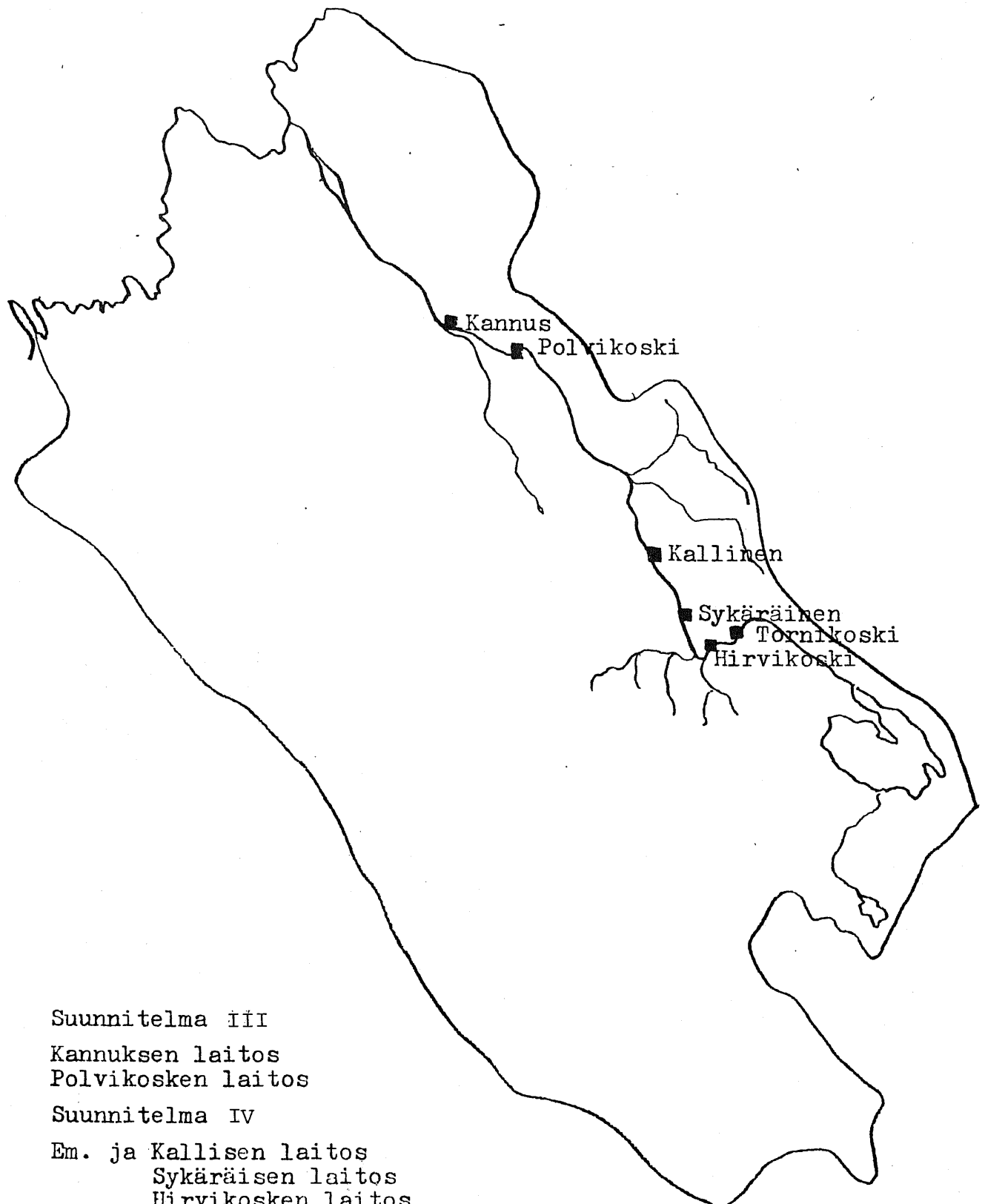
Vaihtoehtoja verrataan toisiinsa seitsemän eri kriteerin avulla. Kriteerejä painotetaan kuuden eri painovektorin mukaan.

Suunnitelmavaikutusmatriisi R_1 osoittaa suunnitelmavaihtoehtojen vaikutukset.

Hyötykustannussuhteita laskettaessa on otettu huomioon voimatalouden aiheuttama kalataloushaitta jokilaakson alueella. Työllisyys on arvioitu miestyövuosina, ympäristöarvo suunnitelma- vaihtoehtoista tulevana ympäristöhaittana ja elinkeinoelämän kehittyminen sähköntuotantotehon mukaan.

x) Joen voimaloista kartat kahdella seuraavalla sivulla

Kartta 1. Lestijoen voimatalousvaihtoehdot: suunnitelmat III ja IV



Suunnitelma III

Kannuksen laitos

Polvikosken laitos

Suunnitelma IV

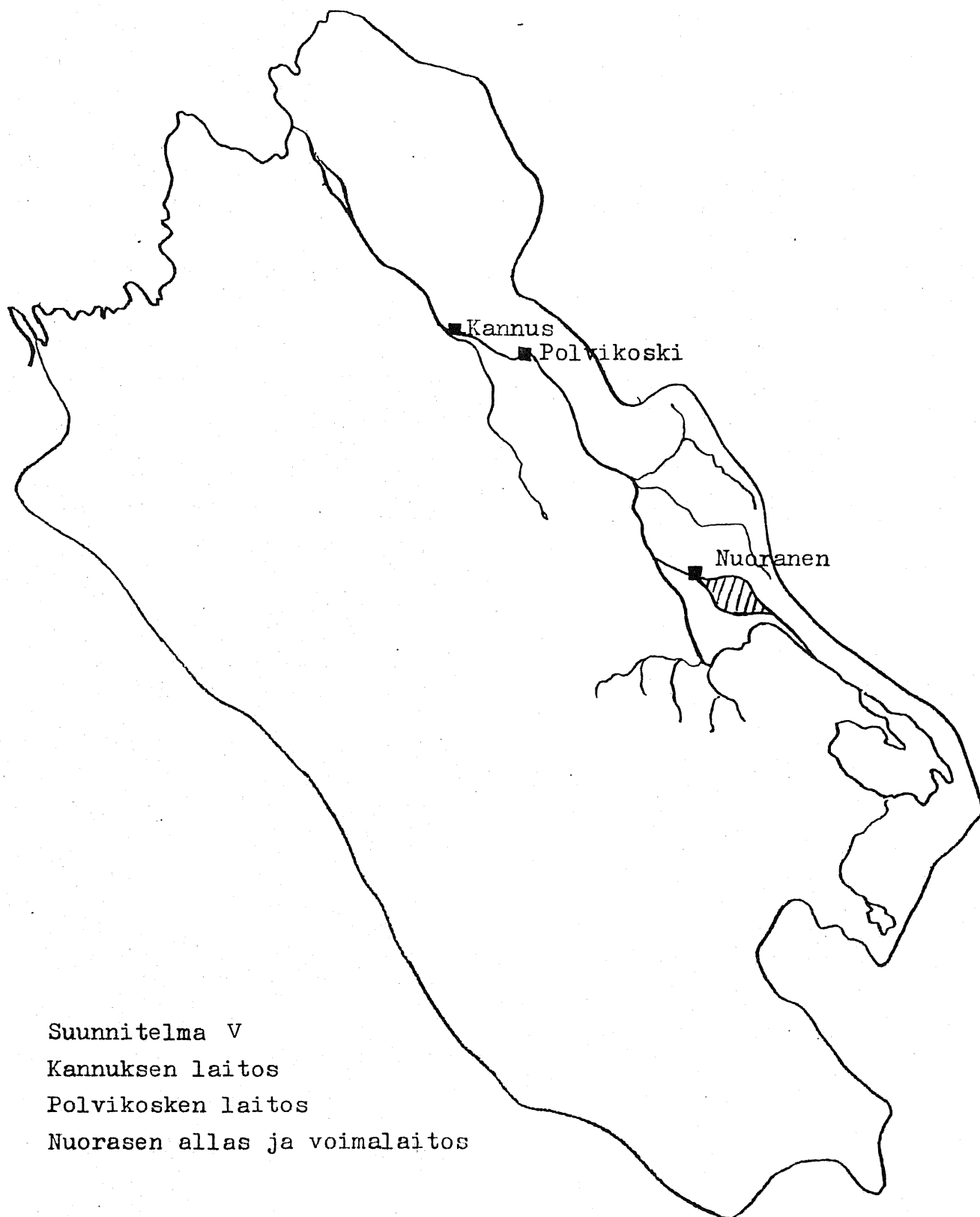
Em. ja Kallisen laitos

Sykäräisen laitos

Hirvikosken laitos

Tornikosken laitos

Kartta 2. Lestijoen voimatalousvaihtoehdot: suunnitelma V



Suunnitelma V

Kannuksen laitos

Polvikosken laitos

Nuorasan allas ja voimalaitos

Suunnitelmavaikutusmatriisi (R_1)Arviointi-
kriteeri

Vaihtoehto

1. Hyöty/kustannus	5.47	1.77	1.54	1.51	1.43	1.74
2. Työllisyys	750.00	1140.00	166.00	294.00	463.00	430.00
3. Ympäristö	0.00	10.00	30.00	50.00	95.00	30.00
4. Sosiaaliset vaik.	90.00	100.00	50.00	0.00	0.00	60.00
5. Riskitekijät	0.00	40.00	100.00	90.00	90.00	70.00
6. Elinkeinoelämä	0.00	5.70	8.40	13.10	18.50	8.40
7. Virkistys	100.00	100.00	50.00	10.00	0.00	60.00

Vaihtoehtojen vertailu voidaan suorittaa siten, että kaikki vaihtoehdot katsotaan samanarvoisiksi. On kuitenkin selvää, että koska vaihtoehtosuunnitelmista on pystytty laskemaan myös taloudellisia arvoja, nämä ovat muita merkittävämpiä. Jotta pystyttäisiin lieventämään tutkijan omista preferensseista johtuvaa suuntautumista tiettyyn päämäärään, on painoja spesifioitu useita. Apuna on käytetty ulkomaisia tutkimuksia ja joissakin vesihallituksen tutkimuksessa määriteltäviä vastaavanlaisia painoja (esim. Nijkamp 1975 ja Vesihallituksen julkaisu 7, 1974). Lisäksi suoritettun kyselyn perusteella on muodostettu kaksi painovektoria. Painovektorit ovat seuraavat:

1. Ympäristötaloudellinen painovektori, jossa korostuvat ympäristön arvot; luonnon hyödyntäminen sen omin ehdoin

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p =	0.300	0.080	0.250	0.070	0.050	0.100	0.150

2. Liiketaloudellinen painovektori, jonka mukaan taloudellisuus on ensiarvoisen tärkeä tekijä. Lisäksi riskitekijät huomioidaan tarkemmin kuin muissa painovektoreissa

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p =	0.600	0.060	0.020	0.020	0.200	0.020	0.080

3. Aluetaloudellinen painovektori, joka sijoittuu edellisten väli-
maastoon. Tämän vektorin avulla pyritään valitsemaan sellainen vaihtoehto, jonka kokonaisvaikutukset alueen hyvinvointiin ovat suurimmat. Tällöin korostuu taloudellisuuden lisäksi lähinnä työllisyys.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p =	0.330	0.200	0.100	0.050	0.100	0.100	0.120

4. Kyselyn avulla (parivertailumenetelmä) muodostettu painovektori

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p =	0.116	0.116	0.172	0.154	0.172	0.093	0.177

5. Kyselyn avulla (pistemenetelmä) muodostettu painovektori

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
p =	0.154	0.131	0.145	0.182	0.122	0.098	0.168

Lisäksi on kuudentena laskettu painovektori eri kriteereille yhtä suuriksi.

Seuraavassa concordance-analyysillä saadut tulokset perustana tutkijaryhmän alkuperäinen matriisi R_1 eri painovektoreilla painotettuna.

Tulokset

PAINOVEKTORI P1

S1	>	S2	,	S3	,	S6
S2	>	S3	,	S4	,	S6
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4	,	S5

PAINOVEKTORI P2

S1	>	S2				
S2	>	S6				
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4	,	S5

PAINOVEKTORI P3

S1	>	S6				
S2	>	S3	,	S4	,	S5
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4	,	S5

PAINOVEKTORI P4

S1	>	S6				
S2	>	S1	,	S3	,	S4
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4	,	S5

PAINOVEKTORI P5

S1	>	S6				
S2	>	S3	,	S4	,	S5
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4	,	S5

PAINOVEKTORI P6

S1	>	S6				
S2	>	S3	,	S4	,	S6
S3	>	S4	,	S5		
S4	>	S5				
S6	>	S3	,	S4		

Ympäristötaloudellisen painovektorin (P_1) mukaan näyttää suunnitelma I, kalatalouden elvyttäminen, selvästi muita paremmalta. Vaihtoehto II, kalatalouden ja lämpövoiman yhdistelmä on voimatalousvaihtoehtoja, myöskin keskiosan rakentamisen ja kalatalouden yhdistelmää parempi (VI). Voimatalouteen liittyvistä vaihtoehtoista näyttää vaihtoehto VI muita paremmalta.

Liiketaloudellisen painovektorin (P_2) mukaan muodostuu suunnitelmien paremmusjärjestys samaksi kuin edellisen ympäristöarvoja korostavan painotuksen mukaan, joskaan ei ehkä yhtä selvästi. Luonnontalouteen liittyvät suunnitelmavaihtoehdot ovat siis liike-elämän kannaltakin tarkasteltuna vesivoimaloita parempia.

Aluetaloudellisen painovektorin (P_3) mukaan tilanne on muuten sama kuin edellisillä painotuksilla (kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa muita parempia) paitsi alueen kannalta arvioituna kalatalouden ja lämpövoiman yhdistelmä osoittautuu pelkkää kalatalouden elvytystä paremmaksi. Tämä johtuu suurelta osin työllisyyden suuremmasta painotuksesta.

Kyselyllä (parivertailumenetelmä) saadun painovektorin (P_4) mukaan samoin kuin pistemenetelmällä ovat kaksi ensimmäistä vaihtoehtoa selvästi muita parempia. Näiden keskinäinen ero on pieni, mutta jos halutaan asettaa nämä paremmuusjärjestykseen on vaihtoehto II hieman pelkkää kalatalouden elvytystä parempi. Muista vaihtoehtoista on suunnitelma VI paras ja suunnitelma V selvästi huonoin.

Vastaaviin tuloksiin päästiin myös vertaamalla vaihtoehtoja keskenään siten, että kaikille arviointikriteereille annetaan yhtä suuret painot (P_6).

Edellä käytiin läpi suunnitelmavaihtoehtojen paremmutta perustuen matriisiin (R_1), jossa vaihtoehtojen sosiaaliset ja virkistyskäyttövaikutukset sekä riskitekijät ovat tutkijoiden arvioimat.

Tuloksia on lisäksi testattu muodostamalla uusi suunnitelmavaihtusmatriisi perustuen kyselyllä saatuun aineistoon. Tähän matriisiin perustunut analyysi tuki täysin edellisiä tuloksia osoittaen jopa selvemmin luonnontalouteen perustuvien vaihtoehtojen paremmuuden.

TULOSTEN TULKINTA

Kokonaisuudessaan voidaan sanoa edellä esitetyn vertailun tulosten osoittavan, että kalaston elvyttämiseen perustuvat vaihtoehdot ovat vähintäänkin kilpailukykyisiä voimatalouden kehittämiseen perustuvien vaihtoehtojen kanssa. Vertailun luvuissa on kuitenkin jouduttu käyttämään monia subjektiivisia arvioita, jonka vuoksi tuloksia voidaan pitää ainoastaan suuntaa-antavina.

Lestijoki-tutkimuksen perusteella näyttää siltä, että kalatalouden elvyttämisen kokeilu on syytä aloittaa pikaisesti. Kohteenä voisi olla esim. Lestijoki. Elvytys tulisi kuitenkin suorittaa vähintäänkin tutkimuksessa esitetyssä mitassa, jotta todellisia tuloksia voitaisiin odottaa.

JOKIALUEIDEN HYÖDYNTÄMISESTÄ

Esitelmä "Jokien käyttövaihtoehtojen taloudellisuus" seminaarissa 1982

Apul.prof. Hannu Mansikkaniemi

Maantiede, Turun yliopisto

MAB - toimikunta

MAB - toimikunnasta

Suomen Akatemian MAB - toimikunta (Man and Biosphere) on tieteen keskus-toimikunnan alainen jaosto ja se toimii Unescon "Man and Biosphere" - ohjelmassa tarkoitettuna kansallisena toimikuntana. Globaalisen MAB-ohjelman tarkoituksena on pyrkiä luomaan maankäytön suunnittelulle ja luonnonvarojen hyödyntämiselle tieteellinen pohja. Ohjelmaan kuuluu nykyään 960 projektia ja lähes 11 000 tutkijaa noin sadassa eri valtiossa. Ohjelman keskeisimpiä painopisteitä ovat nykyisin a) trooppisiin metsiin liittyvät kysymykset, b) marginaalialueiden ongelmat, lähinnä aridit ja pohjoiset alueet sekä c) ympäristökasvatus. Vaikka ohjelman lähtökohtana ei varsinaisesti ole esim. nälkä-uhan torjunta, pyritään ihmisen ja luonnon välistä vuorovaikutusta lähestymään käytännönläheisesti ja hyötynäkökohdat huomioiden.

Suomen MAB - toimikunnalla on varsin niukasti varoja käytettävissä, joten se pystyy suoranaisesti tukemaan vain hyvin harvoja tutkimushankkeita. Näin ollen toimikunnan keskeisin tehtävä on toimia tutkimusta ideoivana ja erilaisia näkökohtia esiin tuovana yksikkönä. Jotta se soveltuisi tähän tehtävään parhaalla mahdollisella tavalla, toimikunta on koottu hyvinkin erilaisten alojen tutkijoista. Esimerkiksi nykyisen toimikunnan puheenjohtajana toimiva apul.prof. Ossi Lindqvist on koulutukseltaan biologi ja muut jäsenet edustavat seuraavia aloja: prof. Erkki Pihkala, taloushistoria; prof. Antti Ahlström, ravitsemustiede; prof. Erkki Helamaa, arkkitehti; prof. Matti Leikola, metsänhoitotiede; DI Lasse Ristikartano, kaavoitusasiat; apul.prof. Pekka Sammallahti, mm. saamen kieli; FT Terttu Teivainen, metsäntutkimuslaitoksen biologi sekä apul.prof. Hannu Mansikkaniemi, maantiede.

Allekirjoittanut on selvittänyt tutkimuksissaan erilaisia luonnon ja ihmistoiminnan aikaansaamia prosesseja jokialueilla. Lisäksi tutkimus- ja opetustyöhöni kuuluvat eräät maisema- ja ympäristöhoitokysymykset.

Ihmisen vaikutus sadealueiden ominaisuuksiin

Ihminen on muuttanut Suomen jokialueiden luontoa aina täällä asuessaan. Jo siinä vaiheessa, kun väestö sai toimeentulonsa metsästyksestä, kalastuksesta ja paimentolaisuudesta ihminen saalistaessaan vaikutti luonnollisesti eläinlajien lukumääräsuhteisiin, käytti runsaasti polttopuuta, raivasi metsään aukkoja osavuotistenkin asuinpaikkojen ympärille, sytytti vahingossa tai tahallisesti metsäpaloja jne.

Tähän mennessä suurin ihmisen aiheuttama muutos Suomen luonnossa tapahtui siinä vaiheessa, kun maamme pellot raivattiin. Muutos oli vähittäinen. Se alkoi historiallisen ajan alussa maan lounais- ja eteläosista ja päättyi vasta tämän vuosisadan puolella (Kuva 1).

On selvää, että pellonraivauksen vuoksi esimerkiksi jokien virtaama- ja valumaolosuhteet muuttuivat olennaisesti Lounais-Suomessa, Pohjanmaalla ja Uudellamaalla.

Myös metsiä ihminen muutti voimakkaasti. Esimerkiksi tervanpoltto rasitti tavattomasti Kainuun, Kuusamon ja osittain Pohjanmaankin metsiä aina tälle vuosisadalle saakka. Etelämpänä puolestaan kaskettiin metsiä koko Järvi-Suomen alueella ja Karjalassa varsin kauan.

Soiden laajamittainen ojitus on suurin ihmisen aiheuttamista viimeaikaisista muutoksista Suomessa. Runsassoisimmilla alueilla, Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa, missä soita oli monin paikoin jopa 60 % maa-alasta, on soita jo yli puolet ojitettu (Kuva 2). Näin siis siellä noin 30 % maa-alasta on muuttanut olennaisesti luonnettaan. Lisäksi ojituskelpoisia soita on vielä alueella runsaasti.

Voimakkaasti lisääntynyt väkilannoitteiden ja kasvinsuojeluaineiden käyttö on hyvin olennainen osa sadealueilla tapahtuneista muutoksista. Vaikka on näkynyt merkkejä siitä, että paikoin peltoja lannoitetaan jopa liikaa ja näin aiheutetaan tarpeetonta ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin, on myös kiistatta selvää, että ilman väkilannoitteita meillä ei tulla toimeen. Oikealla lannoitteen annostuksella ja levittämällä voidaan turha huuhtoutuminen pitää kurissa. Lannoitusta paljon suurempi ongelma on ilmeisesti kasvinsuojeluaineiden "myrkkykierre", josta ei näytä olevan poispääsyä ilman tuntuvaa sadonlaskua.

Selvä muutos on myös karjattomaan maatalouteen siirtyminen. Sen seurauksena on Lounais-Suomessa ja Uudellamaalla nurmien osuus peltoalasta pudonnut jyrkästi ja tilalle on tullut viljanviljely. Samalla myös siis entistä laajemat peltoalueet ovat osan vuotta paljaina, "mustalla mullalla". Erityisesti syyskyntöjen ja kevätmuokkausten aikana ovat pellot laajoilla alueilla 80-90 %:sti ilman suojaavaa kasvipeitettä. On siis ilmeistä, että karjattomaan talouteen

siirtyminen on lisännyt maaperän eroosiota, koska maaperää tehokkaimmin suojaavien nurmien osuus on pudonnut kovin vähäiseksi.

Ennakkotietona Mansikkaniemen tekemästä tutkimuksesta, joka käsittelee em. kysymystä, voidaan todeta, että vuosina 1977-1979 Paimionjokilaaksossa tehdyt mittaukset osoittavat ainesta huuhtoutuvan paikoin jopa yli 500 t/km^2 vuodessa (Kuva 3). Näin suuri kiintoaineksen ja liuenneen aineksen yhteismäärä on jo samaa suuruusluokkaa kuin on todettu esim. Afrikassa monilla semi-arideilla alueille. Sateisina vuosina saattaa jo pelkästään kiintoainetta huuhtoutua noin 600 t yhdeltä neliökilometriltä peltoa (Kuva 3). Koko Paimionjoen sadealueella arvot ovat paljon alhaisemmat, vain $60-80 \text{ t/km}^2$ vuodessa.

Lyhyesti todettuna näyttää siltä, että aivan lähitulevaisuudessa voidaan saada teollisuuden, taajamien ja jopa haja-asutuksen vesistöjä rasittava kuormitus varsin hyvin rajoitettua ja vielä sentään kohtuullisin kustannuksin. Tässä puhdistustyössä suomalaisia auttaa suuresti myös meidän humidi ilmastomme! Ehkä pienempi ongelma, mutta sitä vaikeampi ratkaistavaksi onkin maataloudesta aiheutuva vesistökuormitus. Vielä näet ei ole näkyvissä sellaisia ratkaisuja, jotka tyydyttäisivät sekä maanviljelijöitä että vesien "laadun vartijoita"!

Jokiuomissa tapahtuneet muutokset

Tulvia vastaan ihminen on taistellut Pohjanmaalla jo kauan perkaamalla koskia ja jopa tulvavalleja rakentamalla. On kuitenkin paradoksaalista, että toisaalta juuri peltojen raivaus, metsien ja peltojen parantunut ojitus sekä soiden ojitus ovat samanaikaisesti suurentaneet tulvahuippuja nopeuttamalla vesien valumista sadealueelta. Samaan suuntaan ovat vaikuttamassa myös metsien viimeaikaiset avohakkuut. Paikoin, jopa voimataloudellisetkin ratkaisut ovat lisänneet tulvia, vaikka yleensä säännöstely on tilannetta parantanut.

Koskien rakentaminen ja vesistöjen säännöstely ovat luonnollisesti suuria muutoksia maamme jokialueilla. Kuitenkin on katsottava, että pääosa tähänastisesta rakentamisesta on ollut Suomessa välttämätöntä ihmisen hyvinvoinnin kannalta. Se on siis luokiteltavissa vastaavanlaiseksi luonnon hyväksikäytöksi ja luonnon muuttamiseksi kuin esimerkiksi peltojen raivaaminen. On pidettävä suorastaan onnellisena asiana, että meillä on jo valmiiksi rakennettuna tietty määrä vesivoimaa, joka esim. kriisiaikoina riittää välttämättömimpään ja on muulloinkin halpaa energiaa.

Kun pato rakennetaan, muuttuvat veden ja sedimenttien virtaus sekä biologiset olosuhteet vesistöissä ratkaisevasti. Tämän vuoksi on tarpeellista tai ainakin viisasta seurata miten mainitut muutokset kehittyvät - ja näin on viime aikoina tehtykin. Koska biologiset muutokset ovat olleet maassamme voimakkaim-

min esillä ja siksi tunnetuimpia, puututaan tässä vain esimerkinomaisesti eräisiin todettuihin patoaltaiden sedimentaatioarvoihin. Nämä siis kuvastavat muu-
tosta jokien kiintoainevirtaamisissa.

Mansikkaniemen (1975) tekemän tutkimuksen mukaan Kokemäenjoen Kolsissa laskeutui aineksia noin 100 kg neliömetrille, mutta kirkasvetisimmillä alueilla laskeumat jäivät 1-2 kg/m². Myös Oulujoen Pyhäkoskella laskeumat olivat melko suuria, 33 kg/m², mutta peräti 24 kg tästä määrästä kerrostui elokuussa, jolloin poikkeuksellisen suuret sateet nostivat ennätystulvan. Näin siis normaalivuosi-
na Pyhäkosken laskeumat ovat paljon näitä arvoja pienemmät eli 15-20 kg/m².

Savikkoalueella virtaavan Paimionjoen vedessä vaihtelee kiintoaineksen määrä 40-140 mg/l eli vesi on keskimäärin 7-10 kertaa sameampaa kuin Kokemäenjoessa. Näin olisi odotettavissa, että savikkoalueiden harmaissa vesissä myös laskeumat olisivat suuria, mutta todellisuudessa suurimmat laskeumat olivat vain 21 kg/m². Tämä johtuu sameutta aiheuttavien hiukkasten pienuudesta. Ne eivät siis ehdi laskeutua altaissa, vaan kulkeutuvat heikossakin virrassa mereen saakka.

Sedimenttien "pysähtymisindeksit" (Ss) osoittavat, että ainesten kulku pysähtyi tehokkaimmin Kolsissa (Ss = 128), Kuurnassa (113) ja Pyhäkoskella (89). Toisaalta suhteellisesti vähiten pysäyttivät Paimionjoen altaat. Ss-indeksit vaihtelivat 4-5 eli siis savisen veden kiintoaineksestä vain pieni osa laskeutui.

Vielä on syytä todeta eräs meillä vaikuttava pitkäaikainen ja hidas muutos eli maankohoaminen. Kuten kuvasta 4 nähdään kohoavat eräiden Pohjanmaan jokien suualueet noin 90 cm vuosisadassa, mutta latvat ainoastaan 70 cm eli jokien gradientti pienenee jatkuvasti. Näin siis hyvin pitkällä tähtäyksellä katsottuna Pohjanmaan tulvatorjunta ruoppauksineen on varsin toivotonta työtä. Myös jokisuut mataloituvat nykyisin entistä nopeammin, koska jokien kuljettama lietemäärä on lisääntynyt ja vesien rehevöidyttä myöskin kasvillisuudesta aiheutuva sedimentaatio on kasvanut. Tämä kaikki on siis tullut maankohoamisen aiheuttaman mataloitumisen lisäksi.

Luonnon tasapaino ja jokien moninaiskäyttö

Lähes jokaisen koskijupakan yhteydessä puhutaan nykyisin, että rakentaminen muuttaa luonnon tasapainoa. Kuitenkin tuo sanapari luonnon tasapaino on helposti harhaan johtava ja siksi vaarallinen käytettäväksi. Sillä kuten edellä todettiin eivät meidän jokilaaksomme ole olleet enää moneen vuosisataan luonnonmukaisia. Kyllä ne ovat kehittyneet abioottisten ja bioottisten tekijöiden sekä ihmistoiminnan yhteisvaikutuksessa.

Tämä ihmisen panos jokilaaksojemme yleiskuvassa on jopa niin voimakas, että jos se jossakin kohdassa alkaa nykyisin vähetä, niin kehitystä pidetään huonona. Hyviä esimerkkejä tästä ovat Lounais-Suomen syvät vakolaaksot, joiden rinteillä on laidunnettu karjaa vuosisatoja. Sen seurauksena nämä jokitörmät ovat säilyneet lyhytruohoisina, rehevät purovarsilehdot ovat saaneet omat tyyppilajiston-
sa kevätukukineen ja kaiken kaikkiaan on syntynyt avara kulttuurimaisema pelto-
jen keskelle.

Koska alueella on siirrytty karjattomaan maatalouteen, laidunnus on päätty-
nyt ja sen seurauksena lehdot ovat jo nyt muuttuneet kuusikoiksi, entiset keto-
ja lehtokasvit ovat suurimmaksi osaksi hävinneet ja metsä on leviämässä kaikki-
alle jokitörmillä. Niinpä ilmeisesti 100-150 vuoden päästä entisten avarien jo-
kitörmämaisemien tilalla on jokea reunustava kuusikkovyö harvalukuisine, varjos-
sa viihtyvine kasvineen.

Nyt ollaankin jo huolestuneita näiden kulttuurimaisemien häviämisestä,
vaikka todellisuudessa on tapahtumassa mitä puhtain luonnonmukaiseksi muuttu-
minen. Sekään siis ei ole hyvästä! Toisin sanoen luonto ei siis saisi itse hoi-
taa asiaa, vaan halutaan, että ihminen olisi koko ajan mukana muuttamassa luon-
toa.

Tämä huoli on täysin ymmärrettävä ja hyväksyttävä, mutta se osoittaa samal-
la havainnollisesti kuinka suuri ihmistoiminnan panos on jokilaaksoissamme.

Toinen ilmaisu, jota on ruvettu viime aikoina runsaasti käyttämään on joki-
en moninaiskäyttö. On haluttu, että jokilaaksoissa huomioitaisiin mm. maatalou-
den ja kalatalouden tarpeet, tulvasuojelu, virkistyskäyttö, voimatalouden tar-
peet, vesiensuojelu sekä paikoin vielä puutavarauittojenkin tarpeet.

Tavoitteena jokien moninaiskäyttö on täysin oikea, mutta käytännössä kaik-
ki em. kohdat eivät voi toteutua yhdessä ja samassa joessa. Esimerkiksi lohi-
joessa ei voida huomioida täysimääräisesti sekä kalatalouden että voimatalou-
den vaatimuksia. Tämä tulisi rehellisesti tunnustaa, eikä pyrkiä asiaa kaunis-
telemaan. Ehkä pahimmat ristiriidat jokilaaksoissamme ovat syntyneet juuri sii-
tä, että on ajettu jääräpäisesti kaikkia moninaiskäytön osuuksia, myös sellai-
sia, jotka vaativat joelta täysin vastakkaisia olosuhteita.

Moninaiskäyttöä ei tulisi kuitenkaan hylätä, vaan se pitäisi toteuttaa yh-
tä sadealuetta suuremman alueen puitteissa. Esimerkiksi osa Pohjanmaan joista
varattaisiin kalatalouteen ja sen kanssa hyvin soveltuviin moninaiskäyttömuo-
toihin, osa joista taas valjastettaisiin tehokkaasti voimatalouden tarpeiden
mukaan ja huolehdittaisiin samalla mm. maatalouden ja tulvasuojelun tarpeista
ehkä osittain myös virkistyskäytöstä jne.

Ongelma on siinä, että tätä moninaiskäyttöajatusta ei ole aikaisemmin huo-
mattu, vaan on lähdetty rakentamaan lähes kaikkia jokia ja samalla "itketty"

kalastuksen puolesta. Toinen ongelma on tietenkin se, että kuka määrää mistä joesta tulee kalajoki ja mistä "kilowattijoki"! Ehkä nykyisin ollaan jo kuitenkin tähänkin valmiimpia kuin esim. 20 vuotta sitten. Tällainen painotettu moninaiskäyttö olisi kuitenkin ehkä paras tie päästä nykytilannetta selvästi parempiin tuloksiin.

P E R J A N T A I 26.3.1982

Matti Verta, Vesihallitus

ELOHOPEA TEKOAALTAIDEN KALOISSA: KOKEMUKSIA VUOSILTA 1980 - 81
JA ARVAILUJA SYY-YHTEYKSISTÄ

JOHDANTO

Kun 1970-luvun lopulla saatiin sekä kotimaasta että USA:sta ja Kanadasta viitteitä kalojen elohopeapitoisuuksien kohoamisesta tekotaltaissa, ryhdyttiin varsin laajoihin tutkimuksiin tilanteen kartoittamiseksi maamme tekoaltaissa ja tekoaltaiden kaloja syövissä ihmisissä. Varsin pian selvisi, että suurimmassa osassa tutkituista altaista kalojen elohopeapitoisuuden ylittivät lääkitöhallituksen asettamat käyttörajoitus- (0.5 mg/kg) ja myyntikieltorajan (1.0 mg/kg). Myös näiden altaiden kaloja syövien ihmisten hiusten elohopeapitoisuuden todettiin huomattavasti nousseen. (Lääkitöhallitus 1980, Vesihallitus ja Lääkitöhallitus 1980 ja 1981, Lodenius et al. 1981, Verta 1981, Alfthan et al. 1982).

Vuosina 1980 - 81 tutkituista yhteensä 19 tekoaltaasta ja kahden järven vedenpinnan nostosta on lääkitöhallitus asettanut 9 altaan ja yhden järven kalat myyntikieltoon ja 7 altaan ja yhden järven kalat käyttörajoituksen piiriin. Kolmen tutkitun altaan; Lokan, Kuonanjärven ja Settijärven kalojen käytölle ei ole toistaiseksi asetettu rajoituksia.

Tutkimukset on alusta lähtien suoritettu yhteistyössä vesihallituksen vesientutkimuslaitoksen, lääkitöhallituksen ja Kansanterveyslaboratorion keskuslaboratorion kanssa. Vuodesta 1981 alkaen on vesientutkimuslaitoksen suorittamat tutkimukset rahoitettu osin "Pohjanmaan vesistörakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektin" toimesta.

Tässä esitelmässä käsitellään tärkeimpiä jo julkaistuja tutkimustuloksia sekä esitetään alustavia tuloksia vuoden 1981 aikana suoritetuista tutkimuksista. Osa aineistoa on vielä analysoimatta.

ALTAAT

Suomessa oli v. 1980 yhteensä 36 tekoallasta, joista puolet oli rakennettu virkistyskäyttöä, vesihuoltoa tai kastelua varten

ja puolet tulvasuojelun ja voimatalouden tarpeisiin. Rakenteilla oli kaksi ja suunnitteilla 21 tekoallasta (Vesihallitus 1980). Virkistyskäyttöä ja vesihuoltoa varten rakennetut altaat olivat Haapajärven allasta lukuunottamatta pieniä, pinta-alaltaan alle 50 hehtaaria. Tähän mennessä tutkimuksissa on keskitytty tulvasuojelun ja voimatalouden käyttötarpeita varten rakennettuihin altaisiin, joiden pinta-ala vaihtelee yhdestä 417 km²:iin.

Useimmat altaat on rakennettu tasaisille metsä- ja suoalueille, mistä johtuu että ne ovat yleensä matalia. Säännöstelysyvyys on tavallisesti selvästi suurempi kuin keskisyvyys (liite 1). Altaat täytetään kevättulvien aikana, ja niiden pinta pyritään pitämään korkeana seuraavan vuoden alkuun saakka. Kevättalvella altaiden ollessa vielä jään peittämiä ne tyhjennetään lähes kokonaan. Useimmissa altaissa veden teoreettinen viipymä on alle vuosi. Käytännössä vesi uusiutuu täydellisesti keväällä. Muina vuoden-aikoina viipymä on teoreettista pitempi (Kenttämies 1980).

Voimakkaan säännöstelyn, pienen tilavuuden ja pienen viipymän johdosta tekoaltaat poikkeavat suuresti luonnonjärvistä kerrostuneisuudeltaan, biologialtaan ja vedenlaadultaan. Tekoaltaiden veden pH ja happipitoisuus ovat pienemmät kuin luonnonjärvien, mutta kemiallinen hapenkulutus (COD_{Mn}) ja väri sekä kiintoaineen, kokonaisfosforin, kokonaistypen ja raudan pitoisuudet ovat suuremmat. Altaaseen tulevan veden laatu selittää huonosti altaasta poistuvan veden laatua (Kenttämies 1980).

Altaista useimmilla on paikallista kalataloudellista merkitystä. Lokan ja Porttipahdan altailla kalasti v. 1980 ammattimaisesti 50 kalastajaa, kotitarvekalastajaruokakuntia oli 800 - 900. Altaille lunastettiin eräinä vuosina yli 5 000 virkistyskalastuslupaa. Lapin altaiden kalansaaliin arvo on viime vuosina ollut 1 milj. markkaa ja altaiden kalaa on myyty kalakauppaan 0,4 - 0,5 milj. markan arvosta vuosittain (Mutenia 1981).

TULOKSET

Kaikkiaan tutkittiin vuosina 1980 - 81 yli 760 kalan elohopeapitoisuus. Tutkittujen tekoaltaiden ja vertailuvesistöjen sijoit-

tuminen eri pitoisuusluokkiin hauen tai mateen keskimääräisen pitoisuuden perusteella on esitetty taulukossa 1. Elohopeapitoisuudet tekoaltaiden kaloissa olivat selvästi vertailuvesistöjä korkeammat.

Taulukko 1. Tekoaltaat ja vertailuvesistöt luokiteltuna hauen tai mateen keskimääräisen elohopeapitoisuuden mukaan.

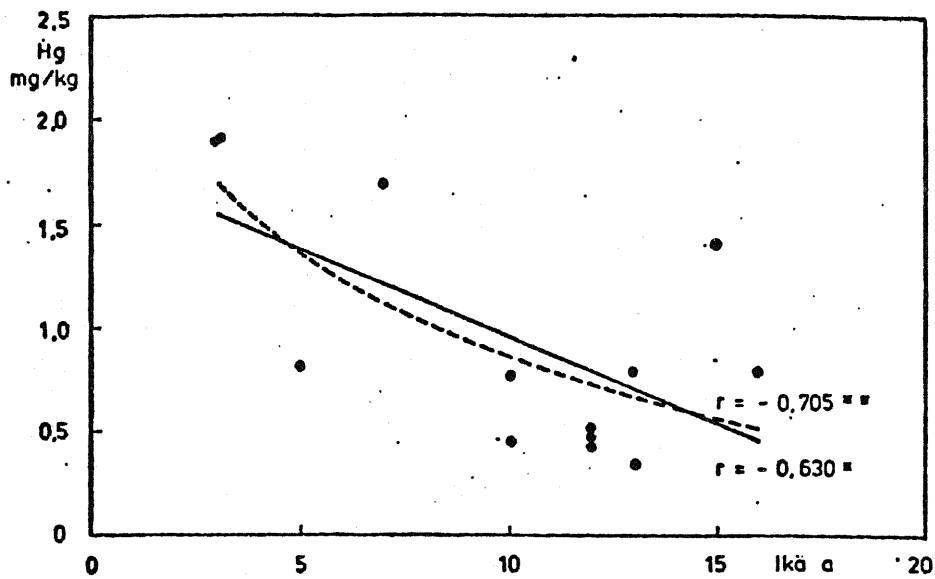
Elohopeapitoisuus mg/kg	Tekoaltaat ja nostetut järvet	Vertailu vesistöt
< 0.25	1	6
0.26 - 0.50	2	13
0.51 - 1.00	8	-
> 1.00	10	-

Eri kalalajien pitoisuuksia altaissa on esitetty liitteessä 2.

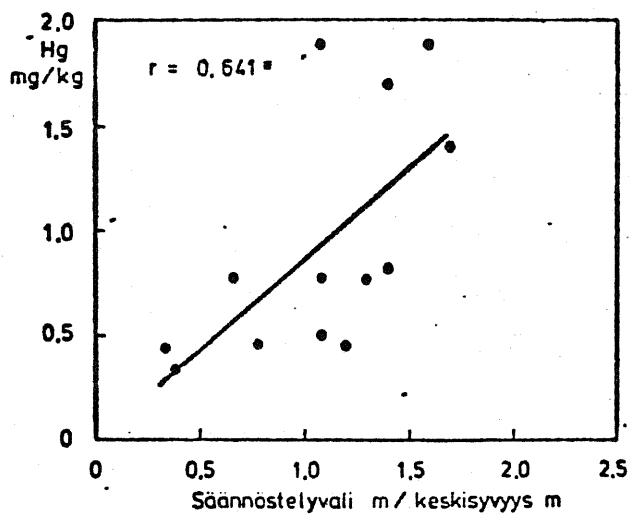
KALOJEN ELOHOPEAPITOISUUDEN RIIPPUVUUS ALTAIDEN OMINAISUUKSISTA

Vuonna 1980 pyydettyjen haukien ja mateiden elohopeapitoisuuden yhteyksiä tekoaltaiden ominaisuuksiin tutkittiin korrelaatio- ja regressioanalyysien avulla. Tarkastelluista teknisistä ominaisuuksista (altaan ikä, pinta-ala, tilavuus, keskisyvyys, teoreettinen viipymä, turvemaiden osuus pohjapinta-alasta, säännöstelyn tehokkuus) vain iällä tai syvyyssuunnassa tapahtuvalla säännöstelyllä tuntui olevan merkitystä kalojen elohopeapitoisuuteen:

- altaiden vanhetessa elohopeapitoisuudet hauissa ja mateissa pienenevät (kuva 1)
- tehokkaasti säännöstellyissä altaissa todettiin korkeammat pitoisuudet kuin vähän säännöstellyissä altaissa (kuva 2).



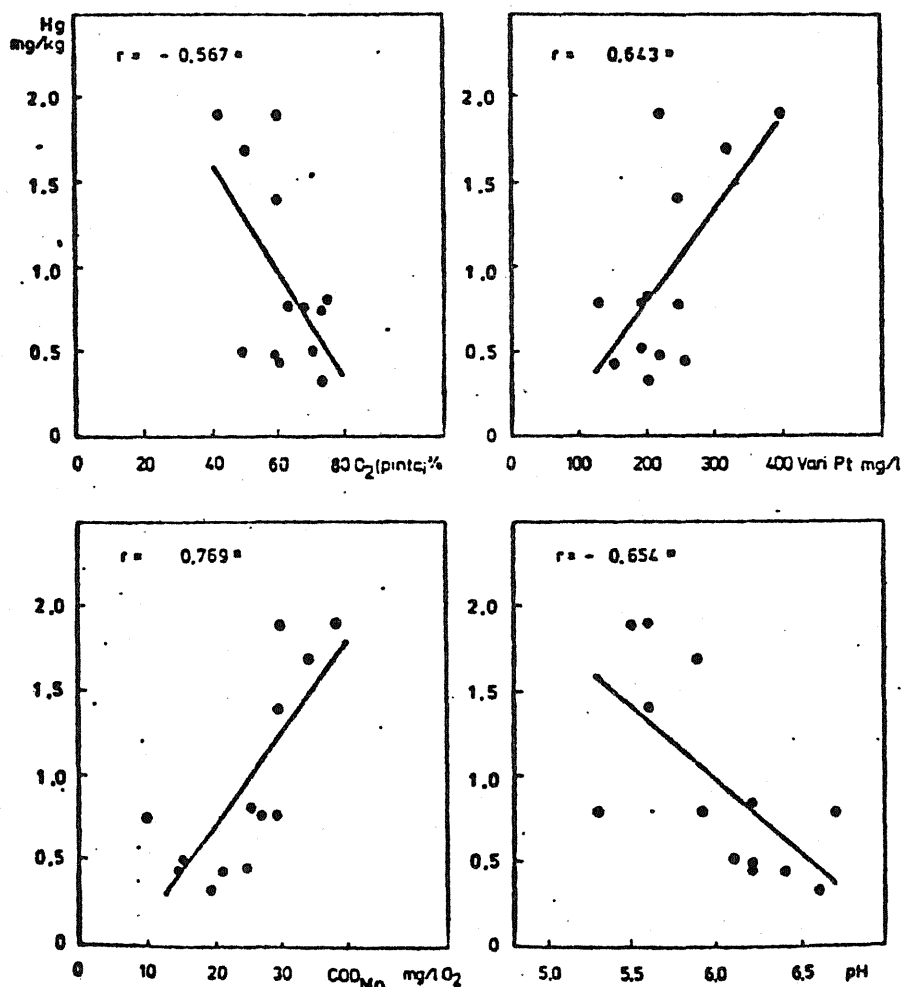
Kuva 1. Hauen (1,0 kg) elohopeapitoisuuden riippuvuus altaan iästä.



Kuva 2. Hauen (1,0 kg) elohopeapitoisuuden riippuvuus altaan säännöstelystä.

Tutkituilla vedenlaatutekijöillä (happipitoisuus, sähkönjohtokyky, pH, alkaliniteetti, väri, kemiallinen hapentarve, fosforipitoisuus, typpipitoisuus ja rautapitoisuus):

- värin ja kemiallisen hapentarpeen (COD_{Mn}) kasvaessa pitoisuudet hauissa ja mateissa kasvoivat
- pH-arvon ja happipitoisuuden aletessa pitoisuudet kaloissa kasvoivat (kuva 3).



Kuva 3. Hauen (1,0 kg) elohopeapitoisuuden ja altaiden veden laadun yhteys.

Usean muuttujan regressioanalyysillä, jonka tekijöinä olivat veden väri ja pH saatiin tulokseksi:

- 1 yksikön pH:n laskuun liittyi 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuden nousu 0.55 mg/kg
- värin lisäykseen 100 Pt mg/l liittyi 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuden nousu 0.32 mg/kg

Värin ja pH:n yhteys haukien elohopeapitoisuuteen on tämän mukaan 2 - 4 kertaa voimakkaampi kuin Ruotsin järvissä todettu yhteys (Hultberg 1978).

Voimakkaimmin kalojen elohopeapitoisuuksiin aineistossa vaikutti kuitenkin kemiallinen hapentarve (COD_{Mn}), joka kuvaa orgaanisen aineen määrää vedessä:

- COD_{Mn} -arvon nousuun 10 mg/l liittyi 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuden nousu 0.54 mg/kg.

Askeltavalla regressioanalyysillä pyrittiin etsimään yhtälöitä, jotka parhaiten selittävät hauen ja mateen elohopeapitoisuutta. Tällaisiksi saatiin:

$$\text{Hg}_H = -1,48 \log(\text{IKÄ} + 1) + 0,62 \text{ SS} + 1,79, R = 0,827 \text{ ja} \quad (1)$$

$$\text{Hg}_H = 0,039 \text{ COD} - 1,13 \log(\text{IKÄ} + 1) + 1,13, R = 0,852 \quad (2)$$

$$\text{Hg}_H = -1,55 \log(\text{IKÄ} + 1) - 0,686 \text{ pH} + 6,62, R = 0,862 \quad (3)$$

$$\text{Hg}_M = 0,48 \text{ SS} - 0,023 \text{ O}_2(\text{POHJA}) - 0,794 \log(\text{IKÄ} + 1) + 1,92, \\ R = 0,940 \quad (4)$$

jossa Hg_H = 1 kg:n hauen elohopeapitoisuus

Hg_M = 0,5 kg:n mateen elohopeapitoisuus altaassa (mg/kg tuorepainoa)

IKÄ = Altaan ikä (a)

SS = Altaan todettu syvyysäännöstelytehokkuus (säännöstelyväli, m / keskisyvyys, m)

pH = Altaan veden keskimääräinen pH-arvo

$\text{O}_2(\text{POHJA})$ = Altaan pohjan yläpuolisen vesikerroksen keskimääräinen hapen kyllästysprosentti (%)

Yhtälöillä pystyttiin siten selittämään 68 - 88 % kalojen elohopeapitoisuuksista. Vaikka yhtälöiden käytöllä on rajoituksensa, ne ovat tällä hetkellä luotettavin keino arvioida elohopeapitoisuuksien kehittymistä jo rakennetuissa tai rakennettavissa altaissa. Lähtöaineistostaan johtuen yhtälöitä voidaan soveltaa vain 3 - 15 vuotta vanhoille altailla.

Yhtälöiden (1), (2) ja (3) luotettavuutta voidaan arvioida esim. vuoden 1981 aineistosta niillä altailla, joilta ei ollut haukien

elohopeapitoisuustietoja käytettävissä yhtälöitä muodostettaessa (taulukko 2).

Taulukko 2. Eri yhtälöiden avulla vuosille 1980 ja 1981 arvioidut ja vuonna 1981 todetut 1 kg:n hauen elohopeapitoisuudet Varpulassa ja Pitkämössä.

	Todettu 1980 - 81	Arvio vuodelle 1980 (Verta 1981)			Arvio v. 1981 säännöst. mukaan
		(1)	(2)	(3)	(1)
Varpula	1.7	1.8	1.6	1.9	1.8
Pitkämö	0.95 ¹	0.48	1.2	0.95	1.1

¹ perustuu vain kahteen haukinäytteeseen

Yhtälöiden voidaan todeta ennustaneen erittäin hyvin haukien elohopeapitoisuuden Varpulan ja Pitkämön altaissa.

Yhtälöiden (1 - 3) perusteella on tehty arviot parhaillaan rakennettavien Perhonjoen keskiosan järviryhmän veden pinnan noston sekä suunnitellun Vuotoksen altaan rakentamisen vaikutuksista hauen elohopeapitoisuuteen. Arvioiden mukaan muodostuu 1 kg:n hauen elohopeapitoisuudeksi:

	vuosia rakentamisen jälkeen		
	3	10	15
Perhonjoen keskiosan järviryhmä	1.5-1.8	0.8-1.1	0.6-0.8
Vuotoksen allas	1.0-2.0	1.0-1.4	0.7-1.1

ALTAIDEN MAAPERÄN ELOHOPEAPITOISUUS

Vuonna 1981 kerättiin maaperä- ja pohjasedimenttinäytteitä yhteensä 16 altaalta. Tähän mennessä saatujen tulosten perusteella ei voida osoittaa yhteyttä kalojen elohopeapitoisuuden ja maaperän elohopeapitoisuuden välillä. Tosin aineisto niiden altaiden osalta joiden kaloissa todettiin alhaisimmat elohopeapitoisuudet on analysoimatta. Saadut tulokset ovat yhtenevät U.S.A:ssa tehtyjen havaintojen kanssa siitä, että altaiden kaloissa oleva elohopeamäärä edustaa enimmilläänkin alle 1 % maaperän pintakerroksen sisältämästä elohopeasta. Maan pintakerros sisältää aina

riittävästi elohopeaa kohonneiden elohopeapitoisuuksien aiheuttamiseksi kaloissa.

Taulukossa 3 on esitetty keskimääräiset elohopeapitoisuudet tutkituissa altaissa. Pitoisuudet säännöstelyvyöhykkeessä olivat yleensä pienemmät kuin ympäröivässä maaperässä. Tutkittujen syvänteiden (vanha järvenpohja) pintakerros sisälsi yleensä selvästi eniten elohopeaa. Sensijaan syvemmällä sedimentissä olivat pitoisuudet samaa tasoa kuin maaperässä.

Taulukko 3. Tekoaltaita ympäröivässä maaperässä ja tekoaltaiden pohjalla todettuja elohopeapitoisuuksia.

Allas	Elohopeapitoisuus mg/kg kuiva-ainetta			
	Maaperä ¹	Säännöstelyvyöhyke ¹	Syväanne	
			0-2 cm	2-5 cm
Kalajärvi	0.13	0.08	0.10	0.09
Varpula	0.16	0.11	-	-
Venetjärvi	0.14	0.15	0.26	0.15
Vissavesi	0.22	0.15	0.34	0.27
Korpinen	0.14	0.17	0.23	0.10
Hautaperä	0.19	0.15	0.36	0.05
Porttipahta	0.03	0.05	-	-

¹ Tulos on ilmoitettu turvemaan ja kivennäismaan pintakerroksen keskimääräisenä pitoisuutena. Analyysit on tehty useiden näytteiden homogeneaatista.

ELOHOPEAPITOISUUS RAVINTOKETJUN ERI OSISSA

Elohopean kertymistä ravintoketjussa tutkittiin tarkemmin Porttipahdan ja Kalajärven altaissa. Osa aineistoa on vielä analysoitavana. Alustavat tulokset on esitetty taulukossa 4 verrattuna elohopean saastuttamassa Päijänteessä 1973 - 75 todettuihin pitoisuuksiin (Särkkä et al. 1978a, b).

Taulukko 4. Keskimääräinen elohopeapitoisuus (mg/kg) ravintoketjun eri osissa Porttipahdan ja Kalajärven altaissa verrattuna Päijänteeseen.

		Porttipahta	Kalajärvi	Päijänne
Pohja	kp.	0.05	0.08	0.36
Plankton	kp.	-	0.55	0.08
Pohjaeläimet	tp.	0.04	-	0.08
Särki	tp.	-	1.04	0.50
Ahven	tp.	0.57	1.51	0.60
Hauki	tp.	0.73	1.73	1.51

kp. = kuivapainoa kohti, tp. = tuorepainoa kohti

Elohopean jakaantumisessa tekoaltaiden ja Päijänteen ravintoketjuissa on selvä ero. Vaikka sedimentin elohopeapitoisuudet olivat Päijänteessä huomattavasti suuremmat kuin tekoaltaissa, pitoisuudet eliöstössä olivat tekoaltaissa joko samaa tasoa tai korkeampia kuin Päijänteessä. Pitoisuudet myös eri kalalajeissa näyttävät olevan tasaisemmat tekoaltaissa. Mitä suurempi orgaanisen aineen pitoisuus altaassa oli, tai mitä happamampaa vesi oli, sitä lähempänä olivat särjen pitoisuudet hauen pitoisuuksia (taulukko 5).

Taulukko 5. Särjen elohopeapitoisuuden (keskiarvo) suhde 1 kg:n hauen elohopeapitoisuuteen (S/H) verrattuna veden keskimääräiseen laatuun altaassa.

Allas	S/H	COD _{Mn}	Väri	pH
Kalajärvi	0.80	31	220	5.6
Patana	0.72	27	190	5.9
Uljua	0.73	21	230	6.1
Lokka	0.55	14	160	6.4
Porttipahta	0.26 ¹	10	130	6.7

¹ vain yksi särkinäyte analysoitu

MAHDOLLISIA SYY-YHTEYKSIÄ

Koska vuoden 1981 aineisto on osin analysoimatta ja suurimmalta osin käsittelemättä, ei lopullisia johtopäätöksiä ole tässä aiheellista esittää. Sensijaan voidaan esittää mahdollisia syy-yhteyksiä, joita tullaan lähemmin tutkimaan.

Veden laatu

Orgaanisen aineen määrä (COD_{Mn} , väri):

- Orgaanisen aineen lisääntyminen vedessä aiheuttaa myös elohopean määrän lisääntymisen, koska elohopea on maaperässä pääasiassa orgaaniseen aineeseen kiinnittynyt
- Hg-humuskompleksit pitävät elohopean liuenneena
- Humushapot pystyvät metyloittamaan elohopean abiottisesti

Happamuus:

- pH:n aleneminen lisää metyloitumisen lopputuotteissa monometyylielohopean suhdetta dimetyylielohopeaan. Monometyylielohopea on kaloihin rikastuva, dimetyylielohopea haihtuva yhdiste.
- pH:n aleneminen lisää elohopean liukoisuutta maaperästä
- pH:n aleneminen lisää monometyylielohopean akkumuloitumista

Happipitoisuus:

- Alhainen happipitoisuus lisää metyloitumista.
- Alhainen happipitoisuus on mielumminkin seuraus hajottavien organismien aktiivisuudesta, jotka sivutuotteenaan metyloittavat orgaaniseen aineeseen sitoutuneen elohopean.
- Alhaisessa happipitoisuudessa kalojen hengitysaktiivisuus kiihtyy, mikä aiheuttaa metyloituneen elohopean lisääntyneen siirtymisen kidusten kautta kaloihin.

Säännöstely:

- Runsaasti säännöstellyssä altaassa pohja hapettuu toistuvasti ja estää niukkaliukoisten elohopeasulfidien synnyn.
- Altaiden tyhjennys jääpeitteen aikana aiheuttaa suurentuneen humusyhdisteiden purkautumisen veteen jäiden painosta.

Biologiset vaikutukset:

- Altaiden kalantuotanto perustuu pääosin allohtonisen orgaanisen aineen energiaan eli altaan pohjan merkitys on eroosion kautta paljon suurempi ravintoketjulle kuin normaalissa järvessä.
- Altaiden ravintoketju on erilainen verrattuna normaaliin järveen siten, että pohjaeläinten merkitys ravintoeläimenä on suurempi.

MAHDOLLISIA KORJAUSKEINOJA

Teollisuuden vesistöihin johtaman elohopean aiheuttamien haittojen vähentämiseksi on, kirjallisuudessa jonkin verran tarkasteltu mahdollisuuksia vaikuttaa kalojen elohopeapitoisuuksiin. Tällaisia teoreettisia mahdollisuuksia ovat:

- elohopeaa sisältävän sedimentin tai maaperän poisto tai peittäminen vähemmän elohopeaa sisältävällä materiaalilla
- vesistön kalkitseminen
- vesistön rehevöittäminen, jolloin elohopea laimenee biologiseen materiaaliin
- sulfidien lisäys, jolloin pohja on saatava pysymään hapettomana
- tehostettu elohopean poisto kalastamalla

Esitetyt keinot ovat lähinnä teoreettisia kalleutensa vuoksi. Käytännössä on todettu kalojen elohopeapitoisuuden laskeneen Ruotsissa happamoituneita järviä kalkittaessa. On kuitenkin huomattava, että tällöin ovat olleet kyseessä erittäin happamat ($\text{pH} < 5.0$) lähes täysin puskurikykynsä menettäneet kirkkaat

järvet. Humuspitoisista järvistä ei vastaavia kokemuksia ole. Tekoaltaista saatujen kokemusten mukaan säännöstelyn vähentäminen saattaa alentaa elohopeapitoisuuksia tekoaltaiden kaloissa.

Kirjallisuutta

- Abernathy, A.R. & Cumbie, P.M. 1977. Mercury Accumulation by Large-mouth Bass (Micropterus salmoides) in Recently Impounded Reservoirs. Bull. Environ. Contam. & Toxicol. 17, 5: 595-602.
- Cox, J.A., Carnahan, J., DiNunzio, J., McCoy, J. & Meister, J. 1979. Source of Mercury in Fish in New Impoundments. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 23: 779-783.
- Hultberg, H. 1978. Betydelsen av pH, humus- och saltinnehåll i sjövattnen för kvicksilverförekomst i gädda. Institut för Vatten- och Luftvårdsforskning. Göteborg 1978.01.10, 9 p.
- Kenttämies, K. 1980. Characteristics of the water of Finnish man-made lakes. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 39: 13-30.
- Lodenius, M., Seppänen, A. & Herranen, M. 1981. Accumulation of mercury in fish and man after impoundment of reservoirs in northern Finland. Proceedings of VIII th congress of AMIEV, 1.-5.6.1981, Tampere. (to be published).
- Lääkintöhallitus, 1980. Pohjois-Suomen kalojen elohopea. Tiedote, Helsinki 23.1.1980. 3 p.
- Meister, J.F., DiNunzio, J. & Cox, J.A. 1979. Source and Level of Mercury in a New Impoundment. Journal AWWA 71: 574-576.
- Mutenia, A. 1981. Tekoaltaiden kalataloudellinen hyödyntäminen. Vesistöjen rakentaminen ja kalatalous. Vesi- ja Kalatalousmiehet ry:n täydennyskoulutuspäivät Espoon Hanasaaressa 29.-30.10.1981. Moniste, 1 p.
- Phillips, G.R. 1980. Mercury in Reservoirs: Evidence for high Susceptibility to a Mercury Problem. Mimeograph, 1 p.
- Potter, L., Kidd, D. & Standiford, D. 1975. Mercury Levels in Lake Powell. Environm. Sci. Technol. 9, 1: 41-36.

- Särkkä, J., Hattula, M-L., Paasivirta, J. & Janatuinen, J. 1978.
Mercury and chlorinated hydro-carbons in the food chain
of Lake Päijänne, Finland. *Holarctic Ecology* 1: 326-332.
- Särkkä, J., Hattula, M-L., Janatuinen, J. & Paasivirta, J. 1978.
Mercury and chlorinated hydrocarbons in plankton of
Lake Päijänne, Finland. *Environ. Pollut.* 16: 41-49.
- Verta, M. 1981. De konstgjorda sjöarna och kvicksilvret. *Finlands
Natur* 40, 1: 8-10.
- Verta, M. 1981. Tekoaltaiden kalojen elohopeapitoisuudet v. 1980
ja arvio pitoisuuksien kehittymisestä. *Vesihallituksen
tiedotuksia* 212: 45-73. (painossa).
- Vesihallitus, 1980. Tekojärviluettelo 18.7.1980. Moniste, 3 p.
- Vesihallitus & Lääkintöhallitus 1980. Lapin ja Pohjanmaan tekoa-
altaiden kalojen elohopeatutkimuksista. Tiedote 30.10.
1980, 4 p.
- Vesihallitus & Lääkintöhallitus 1981. Kalojen elohopeapitoisuuksista Lapin ja Pohjanmaan tekoaltaissa. Tiedote 13.1.1981, 4 p.

Liite 1. Altaiden teknisiä tietoja

Allas	Vesitys vuosi	Pinta- ala(km ²)	Tilavuus milj.(m ³)	Keski- syvyys(m)	Teor. viipymä(d)	Turvem. osuus(%)	Säännöstely tehokkuus	
							syvyys ¹⁾	tilavuus ²⁾
Kalajärvi	1977	11,3	43	3,8	110	20	1,6	0,95
Hirvijärvi	1973	15,5	40	2,6	120	40	1,4	0,87
Varpula	1976 ³⁾	5,2	10	1,9	180	70	1,7	0,95
Kivi- ja Levalampi	1977 ³⁾	9,2	15,7	1,7	140	45	1,1	0,68
Pitkämä	1971	1,0	7,0	7,0	4	0	0,33	0,23
Liikapuro	1967	3,1	4,5	1,5	300	75		
Patana	1967	11,2	53,5	4,8	190	32	1,1	0,74
Venetjärvi	1965	17,5	28,0	1,6	200	58	1,7	0,92
Vissavesi	1965	3,7	6,6	1,8	260	52	1,1	0,74
Korpinen	1964	3,0	5,4	1,8	270	47	2,3	1,00
Juurikanjärvi	1964	1,8	3,8	2,1	260	19	1,3	0,88
Hautaperä	1975	7,6	51,0	6,7	71	30	1,4	0,89
Kuonajärvi	1968	5,4	10,2	1,9	60	0	0,78	0,58
Settijärvi	1970	4,2	10,2	2,4	50	59	0,76	0,62
Kortteinen	1968	6,5	4,0	1,4	40	45	1,1	0,86
Uljua	1970	28,0	150	5,4	150	48	1,2	0,93
Haapajärvi	1967	5,1	15,5	3,0	450	38	0,39	0,32
Lokka	1968	417	2063	3,7	710	90	0,36	0,64
Porttipahta	1970	214	1350	6,3	570	48	0,65	0,75

1) säännöstelyamplitudi v. 1979-80, m/keskisyvyys, m

2) säännöstelytilavuus v. 1979-80, m³/kokonaistilavuus, m³

3) veden pintaa korotettu

TURVETUOTANNON VAIKUTUKSET JOKIVE-
SISTÖJEN VEDEN LAATUUN

YLEISTÄ

Kahta metriä syvempien yli 50 ha laajuisten suoalueiden pinta-ala Suomessa on noin 0,8 miljoonaa hehtaaria. Lähes 3/4 niissä olevista turvevaroista sijaitsee Lapin, Oulun ja Vaasan lääneissä (Lappalainen ym. 1981). Energiapoliittisessa ohjelmassa on esitetty polttoturpeen käytön lisäämistä 25-30 miljoonaan kuutiometriin vuodessa tällä vuosikymmenellä. Toistaiseksi suurimmillaan vuosituotanto oli v. 1980, jolloin tuotettiin noin 11 milj. m³ lähes 30 000 hehtaarin tuotantoalalta.

Polttoturvetuotannon nykyisillä ja myös tulevilla ydinalueilla, lähinnä Pohjanmaalla (alle noin 100 metriä merenpinnasta sijaitsevia rannikkoalueita lukuunottamatta), vesistöt ovat tyypillisimmään virtaavia, ruskeavetisiä latvavesiä. Tuotantoyksiköiden ja ojitusalojen suuresta koosta sekä alueellisesta keskittymisestä johtuen turvetuotannolla erittäin voimakkaasti vesistöjen valuma-alueiden luonnontilaa muuttavana toimintana saattaa olla useissa tapauksissa paikallisesti merkitystä myös vesistöjen kuormittajana siitä huolimatta, että turvetuotanto-ala nykyisellään on koko maata ajatellen vielä varsin pieni, noin promille Suomen maapinta-alasta.

Heinonen (1981) on tuonut voimakkaasti esille kuormituksen ajallisen jakautuman merkityksen kuormituksen ja vesistöjen tilan arvioinnin kannalta. Esimerkiksi hajakuormituksen purkautuminen vesistöihin keskittyy hyvin voimakkaasti tulvakausiin; jätevesikuormitus pysyy sen sijaan lähes vakiona ympäri vuoden ja kalankasvattamoiden kuormitushuippu osuu kesäalivalumakauteen. Virtaavien vesistöjen veden laatu vaihtelee täten virtaamien vaihteluiden mukaan (Wartiovaara 1978).

Turvetuotanto kuormitusmuotona muistuttaa sikäli hajakuormitusta, että valunta turvesuolta noudattaa vuodenaikasta rytmisiä. Kuormitusta arvioitaessa on kuitenkin tähdellistä huomioida ajankohdat, jolloin kuormitus vastaanottavan vesistön virtaamaan nähden on suurimmillaan. Tämä edellyttää tietoa sekä vastaanottavan vesistön että turvetuotantoalueen hydrologisesta käyttäytymisestä, sekä veden laadun vaihteluista valunnan ja vuodenaajan mukaan.

TUTKIMUKSEN TURVETUOTANNON VESISTÖKUORMITUKSESTA

Helsingin yliopiston limnologian laitoksella on v. 1979 alkaen ollut käynnissä turvetuotannon vesistökuormitusta selvittelevä tutkimusprojekti. Tutkimuksessa on seurattu valuntaa ja veden laatua kaikkiaan kahdeksalta turvetuotannossa olevalla eri tyyppisiä turvetuotantoalueita edustavalta koealueelta ja neljältä tuotantoon valmisteltavalta alueelta, joista kolmelta on havainnot myös ojituksen ajalta. Tutkimus on tehty vesihallituksen ja Valtion Polttoainokeskuksen kanssa yhteistyössä kauppa- ja teollisuusministeriön rahoittamana

ja on tällä hetkellä raporttoimisvaiheessa.

Tutkimusaineiston analysointi hydrologian osalta on kesken. Tulosten alustavan tarkastelun perusteella on turvetuotantoalueen hydrologisessa käyttäytymisessä kuitenkin havaittavissa selkeitä ominaispiirteitä tuotantoalueen iästä tai valmisteluvaiheesta riippuen. Hydrologian oheila jatkossa tarkastellaan ennen kaikkea veden laadun riippuvuutta valunnasta.

TURVETUOTANTOALUEIDEN HYDROLOGIASTA

Ojitus lisää valuntaa, jolloin etenkin alivalumat suoalueelta kasvavat suhteellisesti ottaen hyvin voimakkaasti. Ojituksen aikaisen tai sen jälkeisten alivalumakausien valunnan suuruuteen vaikuttaa sääolosuhteiden ohella voimakkaasti myös turpeen ja turvekerroksen laatu: vedenjohtavuus, vetisyys, turvekerroksen paksuus ym. Valunnan kasvu on suurimmillaan ojituksen aikana ja välittömästi sen jälkeen; varsin kuivana kesänä v. 1980 vuorokauden keskivaluma edellisenä keväänä ojitetulta Mustakeitaan koealueelta oli pienimmillään $7,0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Samaan aikaan valunta seuratulta luonnontilaiselta suolta oli lakannut kokonaan. Alivalumat ovat kuitenkin vielä tuotantovaiheessakin, etenkin hyvin vettä johtavilla, heikosti maatuneilla tai saraturpeisilla turvemailla, suhteellisen suuria tehokkaan ojituksen vuoksi (20 m sarkaleveys, 1,5 m syvyiset ojat).

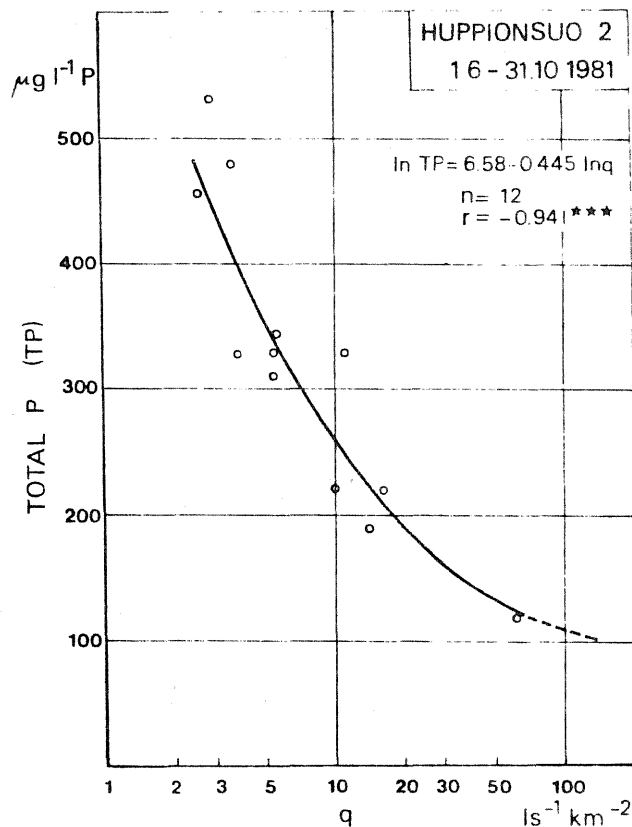
Tuotannon edistymisen myötä turvekerros tiivistyy, jolloin sen vedenjohtavuus heikkenee. Hyvin vettä johtava pintaturvekerros kuluu myös tuotannossa vähitellen pois, jolloin pintavalunta mahdollistuu. Tällöin varsin suuret ylivalumat ovat mahdollisia, koska huomattava osa sadannasta saattaa poikkeuksellisen runsaiden ja rankkojen sateiden seurauksena joutua välittömästi valunnaksi. Sarkaojien suuri kaltevuus merkitsee ojiin joutuneelle vedelle nopeaa poistumismahdollisuutta alueelta, joten hetkellisen ylivaluman suuruus riippuu ratkaisevasti pintavalunnan esiintymisen ohella sarkaojien kaltevuudesta.

VALUMAVESIEN LAATU

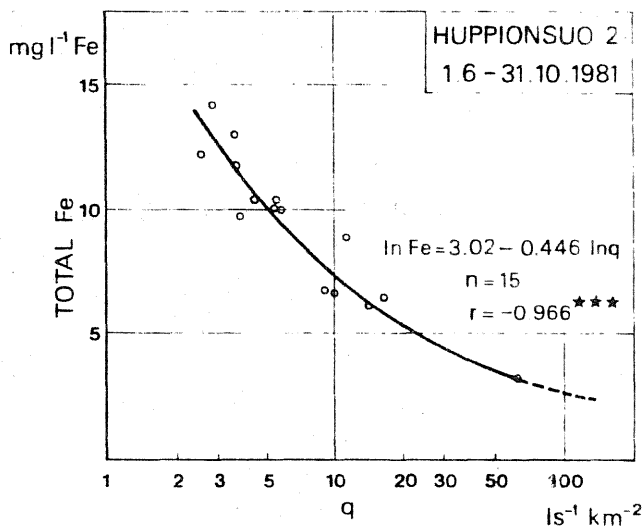
Fosforin ja raudan pitoisuuden vaihtelu selittyy yleensä erittäin hyvin vuodenajat huomioiden pelkästään näytteenottohetken valuman avulla etenkin alueilla, joilla huuhtoutumat ovat keskimääräistä suurempia, ja ellei kiintoaineen huuhtoutuminen ole runsasta. Kiintoaineeseen sitoutunutta fosforia tai rautaa lukuunottamatta korkeimmat pitoisuudet esiintyvät yleensä valunnan ollessa pienimmillään (kuvat 1 ja 2). Pitoisuuksissa samoin kuin huuhtoutumisissa on kuitenkin suuria eroja eri koealueiden välillä.

Taulukko 1. Kesä-lokakuun 1981 alivaluma, alivaluman aikainen laskettu kokonaisfosforin ja kokonaisraudan pitoisuus, kokonaisfosforin pienin laskettu huuhtoutuma (PT min.) ja kesä-lokakuun valunta (R), sekä fosforihuuhtoutuma (PT) eräillä koealueista. Jakso on ollut poikkeuksellisen sateinen.

	Nq $ls^{-1}km^{-2}$	Kok.P $\mu g\ l^{-1}$	Kok.Fe $mg\ l^{-1}$	PT min. $gd^{-1}km^{-2}$	R mm	PT $kg\ km^{-2}$
Ojitusalueita:						
Lupikistonneva	7,9	40	5	30	296	10
Mustakeidas	5,8	210	3	110	258	41
Vähä-Hautaneva	3,7	30	0,5	10	280	8
Tuotantoalueita:						
Aitoneva	0,9	60	6	5	214	11
Huppionsuo 2	2,3	500	14	100	179	34
Koihnanneva 1	2,1	480	6	90	179	41



Kuva 1. Kokonaisfosforipitoisuuden (TP) ja näytteenottohetken valuman (q) välinen yhteys Huppionsuo 2:n koealueella kesä-lokakuussa 1981. 120 ha:n turvetuotannossa oleva koealue, Juva. Näytteet, joissa kiintoainetta on ollut yli $40\ mg\ l^{-1}$, jätetty huomioimatta (2 kpl).



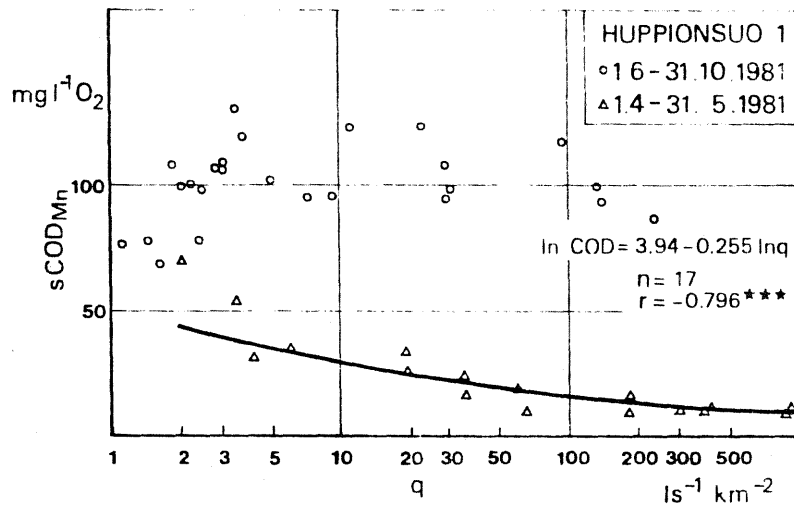
Kuva 2. Kokonaisrautapitoisuuden (Fe) ja näytteenottohetken valuman (q) välinen yhteys Huppionsuo 2:n koealueella. Näytteet, joissa kiintoainetta on ollut yli 40 mg l⁻¹, jätetty huomioimatta (2 kpl).

Liuenneen orgaanisen aineen tai ammonium-typen pitoisuuksissa tapahtuu laimenemista valunnan kasvaessa ainoastaan maan ollessa roudassa (kuvat 3 ja 4). Roudattomana kautena liuenneen orgaanisen aineen pitoisuus pysyy usein lähes samana valunnan vaihteluista huolimatta; eräissä tapauksissa esiintyy lievää vuodenaikaisvaihtelua korkeimpien pitoisuuksien osuessa heinä-elokuun lämpökausiin. Roudattoman kauden keskipitoisuudet vaihtelevat kaiken kaikkiaan suhteellisen vähän; COD_{Mn} n. 40-150 mg l⁻¹O₂.

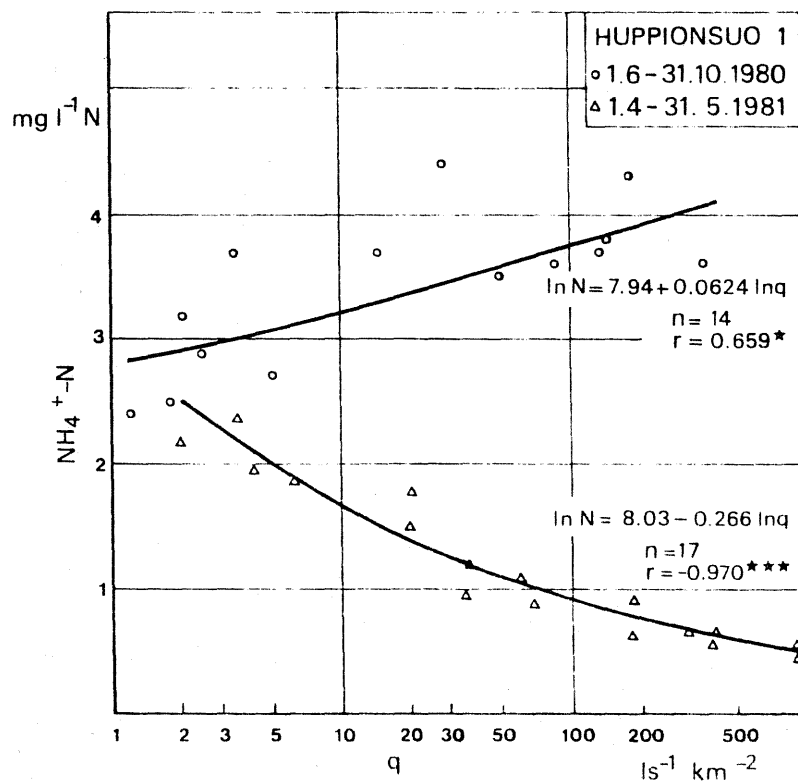
Ammoniumtypen pitoisuudet ovat keskimäärin korkeampia tuotantoalueiden kuin ojitusalueiden valumavedessä. Kesä-lokakuun keskipitoisuuden koko vaihteluväli aineistossa on 0,4-4 mg l⁻¹ N. Tuotantoalueiden valumavedessä ammoniumtypen pitoisuus kasvaa usein roudattomana aikana jossain määrin valunnan kasvaessa (kuva 4).

Seuratuilla koealueilla valumaveden pH on yleensä ollut erittäin voimakkaasti näytteenottohetken valumasta riippuvainen; mitä suurempi näytteenottohetken valuma on ollut, sitä alhaisempi on myös pH ollut tiettyyn rajaan saakka. Erot pH-arvoissa yli- ja alivalumien välillä ovat yleensä olleet 1-2 pH-yksikköä (kuva 5). Alivalumakausien pH-arvot ovat selvästi korkeampia kuin soiden pintaveden tai pintaturpeen pH-arvot.

Luonnontilaisen vertailualueen lisäksi koealueista ainoastaan Vähä-Hautanevan ojitusalueella pH ei ole ollut näytteenottohetken valumasta riippuvainen ja valumaveden pH on ollut myös varsin lähellä ombrotrofisille suovesille tyypillisiä arvoja; Tolosen ja Hosiaisloman (1978) 174 näytteen aineistossa ombrotrofisilta kasvupaikoilta ombrotrofisten soiden pintavedestä eri puolilta Suomea pH:n vaihteluväli oli 3,35-4,50 ja aritmeettinen keskiarvo 3,78. Vähä-Hautanevalla valumaveden pH on vaihdellut 3,9-4,4 ja keskimäärin ollut kesä-lokakuussa 1981 4,0.

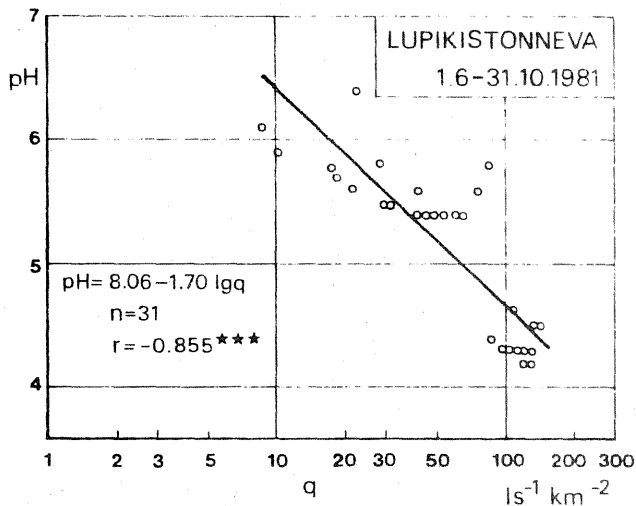


Kuva 3. Liuenneen kemiallisen hapentarpeen (sCOD_{Mn} , määritetty sentrifugoidusta näytteestä, 4000 rpm, 10 min) ja näytteenottohetken valuman (q) välinen yhteys huhti-toukokuussa (kolmiot, yhtälö) sekä kesä-lokakuussa 1981 (ympyrät) Huppionsuo 1:n koealueella. 18 ha:n turvetuotannossa oleva koealue.



Kuva 4. Ammoniumtyppipitoisuuden (N) ja näytteenottohetken valuman (q) välinen yhteys kesä-lokakuussa 1980 (ympyrät) ja huhti-toukokuussa 1981 (kolmiot) Huppionsuo 1:n koealueella.

Edellytyksenä suon happaman pintaveden huomattavalle neutraloitumiselle ojituksen johdosta näyttää olevan, että ojat yltävät pintaturvetta vähemmän happamiin maakerroksiin, esim. saraturpeeseen tai kivennäismaahan. Samansuuntaisia havaintoja on tehty myös metsäojitusalueilla (Ramberg 1981). On huomattava, että jo hyvin pieni lisäys valumaveden pH-arvossa merkitsee vetyionien huuhtoutumisen pienenemistä luonnon-tilaan verrattuna, vaikka valunta ojituksen johdosta lisääntyisi huomattavastikin.

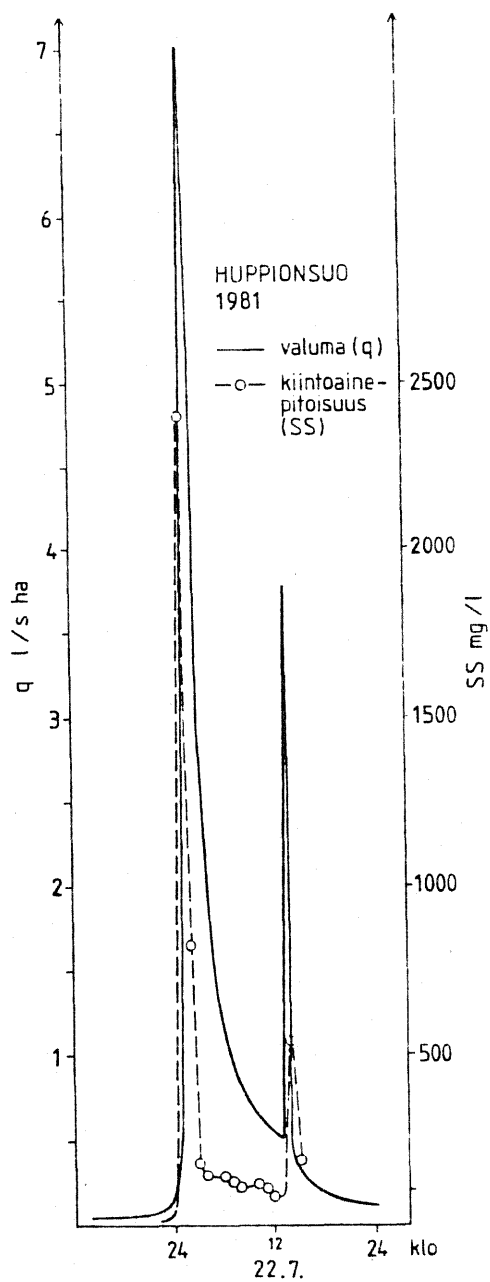


Kuva 5. pH:n ja näytteenottohetken valuman (q) välinen yhteys kesä-lokakuussa 1981 Lupikistonnevan koealueella. 23 ha:n ojituskoalue, Kauhajoki. Ojitus 1.4-3.5.1981, turvekerroksen minimipaksuus 2,6 m, suotyyppit KeR, LkN, RN, IR.

Kiintoaineen käyttäytyminen valunnan vaihteluiden mukaan poikkeaa selvästi liuenneiden aineiden käyttäytymisestä; valuntariippuvuus on hyvin epäselvä, koska kiintoaineen korkeimmat pitoisuudet esiintyvät yleensä suurten valumahuippujen nousevan valunnan aikaan, mutta myös kuurosateet, ojien puhdistukset, tukkeutuneiden ojarumpujen avaukset ym. "häiriöt" aiheuttavat lyhytaikaisia pitoisuushuippuja.

Orgaanisen kiintoaineen huuhtoutuminen on runsainta pinta-valunnan esiintyessä etenkin, mikäli pintavaluntakynnys ylittyy rankan sateen aikana. Sarkaojien suuri kaltevuus on myös kiintoainekuormitusta lisäävä tekijä mahdollistamalla ojiin joutuneen irtonaisen turpeen liikkeellelähdön ylivalumakausina. Suurimmillaan aineistossa hetkellinen kiintoainevaluma on ollut luokkaa 3000 kg km⁻²h⁻¹ (kuva 6).

Myös mineraalimaahan yltävissä lasku- tai reunaojissa saattaa esiintyä tietyillä maalajeilla tulvakaushina huomattavaa eroosiota. Erään kokonaispinta-alaltaan n. 350 ha:n turvetuotantoalueen laskuojan perkaus muutaman kilometrin matkalta talvella 80-81 sai aikaan seuraavan kevättulvan aikana usean tuhannen tonnin kiintoainekuormituksen alapuoliselle järvelle.



Kuva 6. Hetkellinen valuma (q) ja kiintoainepitoisuus (SS) 22.7.1981 Huppionsuo 1:n koealueella. Sademäärä 21.-22.7. yht. 16,6 mm, sateen rankkuus suurimmillaan 9,5 mm/20 min. Edeltävän viikon sademäärä 37,9 mm. Koealueen sarkojien kaltevuus 0,003-0,004, pintaturpeen maatuneisuus saran reunoilla H 5-7, saran keskellä 3-6, tupasvillarahkaturvetta.

PÄÄTELMIÄ

Muutokset valuntasuhteissa turvetuotantoon tähtäävien toimenpiteiden seurauksena saattavat johtaa siihen, että virtaavissa vesistöissä turvetuotantoalueelta peräisin olevan veden osuus on ajoittain huomattavasti suurempi kuin osuus valuma-alueesta edellyttäisi. Seurauksena saattaa olla veden laadun keskimääräistä voimakkaampi huononeminen tai myös paraneminen vastaanottavan vesistön tilasta, tuotantoalueen vaiheesta ja ominaisuuksista, vuodenajasta tai tarkasteltavista vedenlaatuparametreista riippuen.

Rehevöitymisen kannalta tärkeimmäksi katsotun fosforin vuosihuuhoutumat eräiltä turvetuotanto- tai ojitusalueilta ovat olleet samaa luokkaa tai jopa suurempia kuin tyypilliset huuhoutumat peltomailta tai metsälannoitusalueilta (vrt. Kauppi 1979 a ja b, Kenttämies 1977). Lannoitetuilta alueilta suurimmat pitoisuudet havaitaan kuitenkin yleensä ylivaluma-aikoina, joten pitoisuuden käyttäytyminen on lähes päinvastainen turvetuotantoalueisiin nähden. Turvetuotantoalue saattaa siis fosforin osalta korostaa jätevesikuormituksen vaikutusta alivalumakausina. Usein vaikutus alivaluman kasvun vuoksi on kuitenkin pikemminkin vastaanottavan vesistön fosforipitoisuutta alentava.

Orgaanisen aineen pitoisuus on alivalumakautena esim. Pohjanmaan jokivesistöissä usein pienimmillään (Wartiovaara 1978 s. 29). Olosuhteissa, joissa kivennäismaavalunta on suhteellisen tasaista, valunnan lakkaaminen suoalueilta kuivakausina kokonaan saattaa johtaa siihen, ettei soiden vaikutusta esim. orgaanisen aineen pitoisuuteen ole jokivesistöissä lainkaan havaittavissa (Ferda 1973). Täten alivaluman kasvu ojitusten johdosta saattaa nostaa alivalumakausina vastaanottavan vesistön orgaanisen aineen pitoisuutta. Ylivalumakausina orgaanisen aineen huuhoutuminen on luonnontilaisiltakin soilta niin runsasta, ettei turvetuotannolla varsin pieniä pinta-aloja käsittävänä toimintana ole tällöin ilmeisestikään yleensä havaittavissa olevaa vaikutusta vastaanottavan vesistön liuenneen orgaanisen aineen pitoisuuteen mahdollisesti aivan lähivaikutusaluetta lukuunottamatta.

Ylivalumakausina kiintoaineen runsas huuhoutuminen on eräissä tapauksissa voimakkaaimmin veden laatuun vaikuttava tekijä. Orgaanisen kiintoaineen runsas huuhoutuminen on etenkin pintaturpeeltaan hyvin maatuneiden, heikosti vettä johtavien turvetuotantokenttien erityisongelma. Näitä alueita on vielä toistaiseksi hyvin pieni osuus koko turvetuotantoalasta. Sarkaojien suuri kaltevuus korostaa ongelmaa paitsi lisäämällä kiintoainehuuhoutumaa voimakkaasti, myös vaikeuttamalla kuormituksen estämistoimenpiteitä esim. sedimentaatioalaiden avulla ylivaluma-aikojen suurten hetkelisten valumien vuoksi.

Kiintoaine sedimentoituu vesistöissä virtausnopeuden pienentyessä, joten välittömien vaikutusten lisäksi kiintoaineella on myös pitkäaikaisvaikutuksia, joiden tarkempi määrittely on toistaiseksi lähes teoretisointitasolla. Poikkeuksellisen rankat, runsaat sateet saattavat erityistapauksissa

ilmeisesti merkitä huomattavaa osuutta koko työmaan kestoajan kokonaiskuormituksenkin kannalta. Tämä asettaa omia vaatimuksia kiintoainekuormituksen estämistoimenpiteiden suunnittelulle.

KIRJALLISUUS

- Ferda, J. 1973. Zur Problematik der hydrologischen Funktion der Moore in Gebirgsgebieten. Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung 14: 178-185.
- Heinonen, P. 1981. Kuormituksen ja vesistöjen tilan arviointi. Vesihallituksen tutkimuksen sekä vesiensuojelun ja vesihuollon toimialojen yhteiset koulutuspäivät 4.-5.11.1981 Jyväskylä.
- Kauppi, L. 1979 a. Effect of drainage basin characteristics on the diffuse load of phosphorus and nitrogen. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 30: 21-41.
- Kauppi, L. 1979 b. Phosphorus and nitrogen input from rural population, agriculture and forest fertilization to watercourses, Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 34:35-46.
- Kenttämies, K. 1977. Utlakningen av fosfor och kalium från dikade och gödslade torvmarker. Diffuse vannförorensningar. Nordforsk, Miljövårdssekretariatet. Publ. 1977, 2: 271-280.
- Lappalainen, E., M. Mäkilä ja T. Toivonen 1981. Laskelmat Suomen turvevaroista. Geologinen tutkimuslaitos. Maaperäosasto. Raportti P. 13.4/81/53.
- Ramberg, L. 1981. Increase in stream pH after a forest drainage. Ambio Vol. 10 no 1.
- Tolonen, K. ja V. Hosiaisloma 1978. Chemical properties of surface water in Finnish ombrotrophic mire complexes with special reference to algal growth. Ann. Bot. Fennici 15: 55-72.
- Wartiovaara, J. 1978. Phosphorus and organic matter discharged by Finnish rivers to the Baltic Sea. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 29.

FK Asko Niemi

Vesihallitus/Kokkolan vesipiirin
vesitoimisto

PYHÄJOEN PERKAUSTEN VAIKUTUKSISTA RAPUKANTAAN

JOHDANTO

Pohjanmaan jokien aikaisemmin hyvät rapukannat ovat suurelta osin tuhoutuneet. Useissa tapauksissa rapujen häviämisen syitä ei aikanaan ole selvitetty, joten rapuruton, vesistötöiden ja muiden tekijöiden keskinäinen osuus on jäänyt epäselväksi.

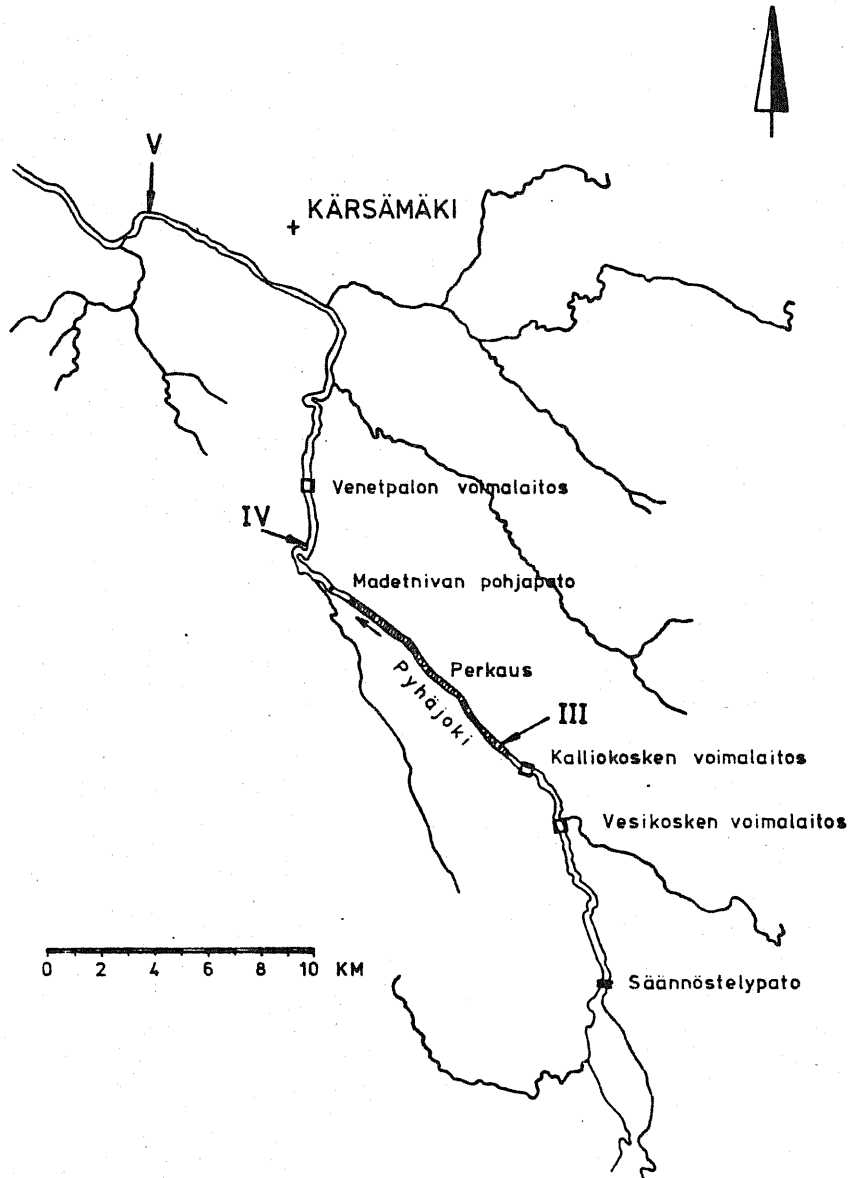
Ensimmäiset ravut istutettiin Pyhäjoen alaosalle 1800-luvun lopulla ja yläosalle 1900-luvun alussa. Rapu kotiutui Pyhäjokeen hyvin ja 1950-luvulla parhaimpien vuosien saaliit olivat noin 1 milj. rapua. 1960-luvun alussa rapukanta tuhoutui, mutta alkoi jälleen 1970-luvulla elpyä.

Seuraavassa on tarkasteltu vesistötöiden vaikutuksia rapukantaan Pyhäjoen yläosalla tehtyjen selvitysten perusteella. Tapaus on siinä mielessä poikkeuksellinen, että selvitykset aloitettiin jo ennen hankkeen toteuttamista.

PYHÄJOEN YLÄÖSAN VESISTÖSUUNNITELMA

Pyhäjoen yläosan vesistösuunnitelman I vaihe, jossa hakijoina olivat vesihallitus ja Revon Sähkö Oy, toteutettiin pääosin 1977 - 1978 (kuva 1). Hanke käsitti Kalliokosken voimalaitoksen (0,62 MW) ja Madetnivan pohjapadon rakentamisen sekä jokiuoman perkausta voimalaitoksen alapuolella 9,5 km:n matkalla (massat 123 000 m³). Kalliokosken voimalaitos valmistui vuonna 1977. Laitosta on talvikausina käytetty yleensä läpi vuorokauden. Kesän aikana laitos on ollut käynnissä yleensä vain kulutushuippujen aikana. Kuvassa 2 on esitetty laitoksen alapuolella todettuja vedenkorkeusvaihteluita kesällä ja talvella 1980. Kesällä vaihtelut ovat suurimmillaan olleet noin 1,3 m, talvella yleensä 10 - 20 cm:n luokkaa.

Esimerkiksi valittuina kesäkuukausina laitoksesta juoksutettut virtaamat ovat vuorokauden sisällä vaihdelleet nolasta noin kahdeksaan m³/s.



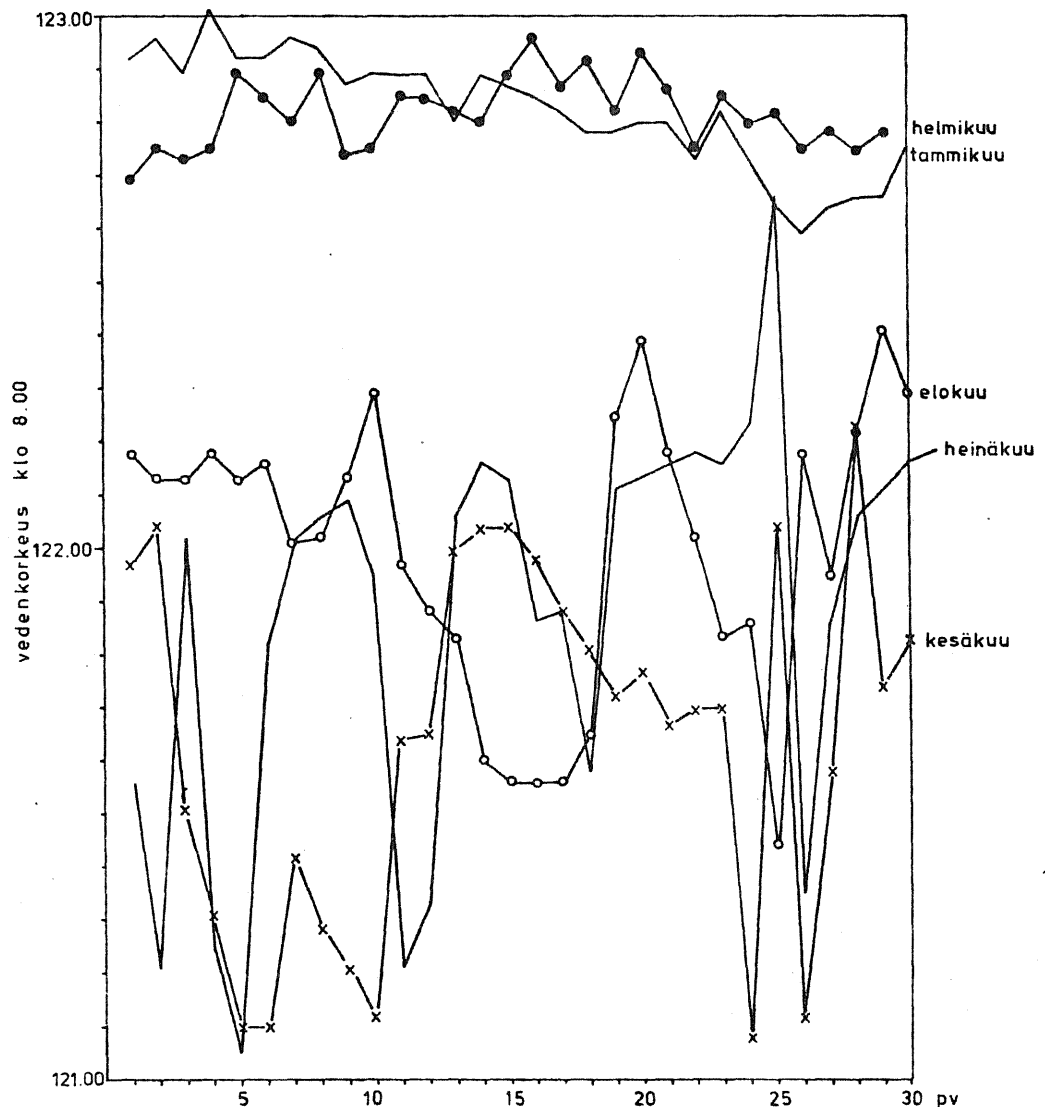
Kuva 1. Pyhäjoen yläosa. Rapututkimuksen koealueet III-V.

RAPUTUTKIMUKSET

Töiden vaikutusta rapukantaan seurattiin kolmella koealueella, joiden pinta-alat olivat 0,31 - 0,55 ha (kuva 1). Koealue III sijaitsi perattavalla alueella noin 2 km Kalliokosken voimalaitoksen alapuolella. Koealue IV oli Venetpalossa noin 3,5 km alimman perkausalueen alapuolella. Alin koealue

V oli noin 20 km työalueen alapuolella. Rapukannan tiheys arvioitiin merkinnän ja takaisinpyynnin avulla. Ravut pyydystettiin merroilla, joten tulokset koskevat vain aikuisia rapuja (noin 70 mm:n pituiset ja sitä suuremmat yksilöt). Merkintä tehtiin vedenkestävällä tussilla selkäpanssariin. Ravustusta koskevat tiedot on hankittu ravustustiedusteluilla. Töiden aikana veden laatua tarkkailtiin tiheävälisesti.

V. 1980



Kuva 2. Vedenpinnan korkeudet Kalliokosken voimalaitoksen alapuolella talvella ja kesällä 1980.

VAIKUTUKSET RAPUKANNAN KOKOON

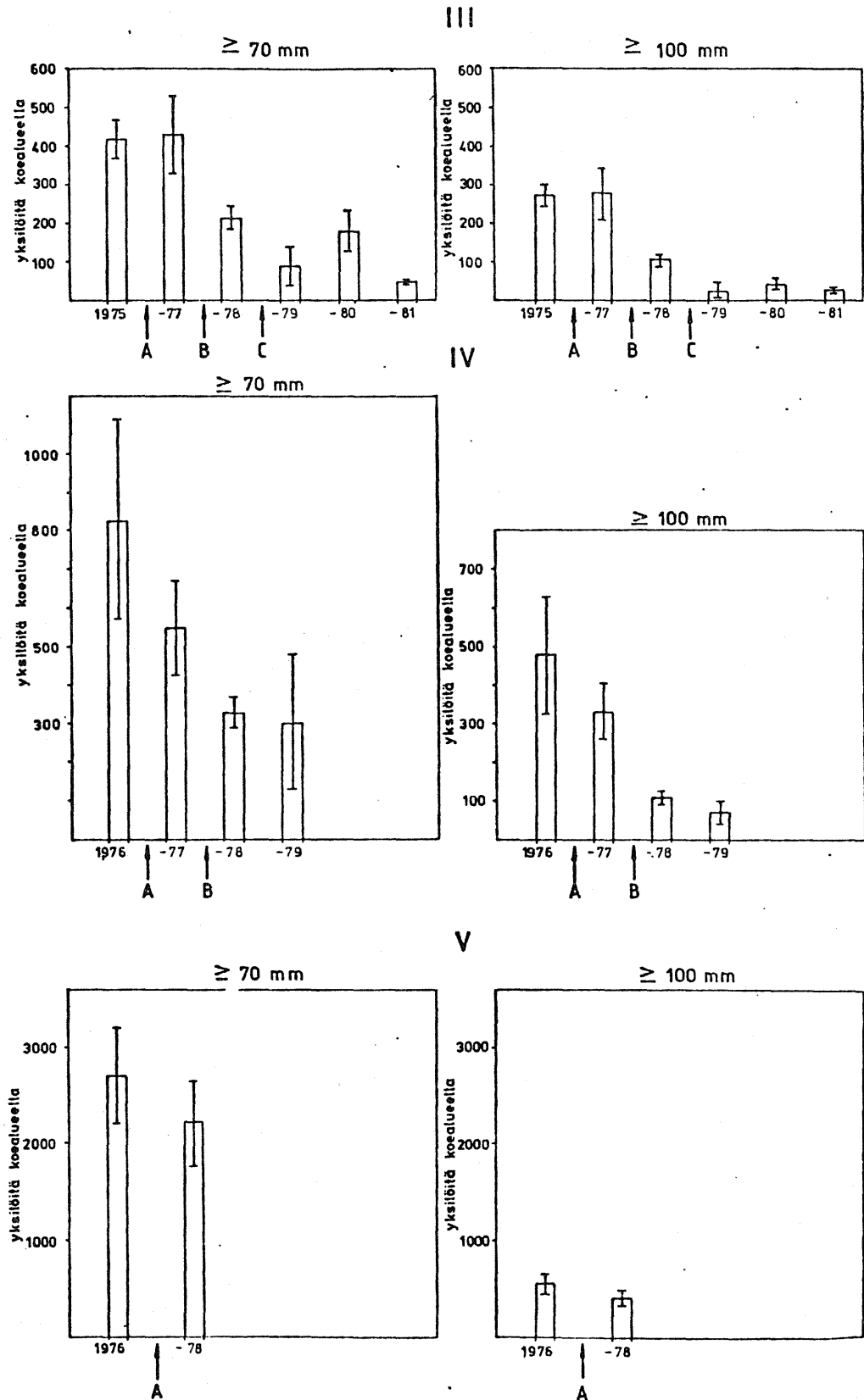
Perkausten aiheuttamat työnaikaiset veden laadun muutokset ilmenivät korkeina kiintoaineen ja kokonaisraudan määrinä. Samentuminen ulottui noin 50 km perkausalueesta alavirtaan.

Rapukannan koon muutokset koealueilla on esitetty kuvassa 3. Vuosien 1975 ja 1976 tulokset edustavat tilannetta ennen töiden aloittamista. Ensimmäiset veden samentumista aiheuttaneet työt tehtiin koealueen III yläpuolella kevättalvella 1977. Suurimmat kiintoainepitoisuudet olivat noin 100 mg/l ja kokonaisrautapitoisuus 1,4 mg/l. Näillä vedenlaadun muutoksilla ei näytä olleen vaikutusta aikuisiin rapuihin, sillä v. 1977 rapukannan koko koealueella vastasi ennen töitä ollutta tasoa. Myöskään koealueella IV eivät kiintoainepitoisuudet n. 100 mg/l ja rautapitoisuudet 3 mg/l aiheuttaneet muutoksia rapujen määrässä.

Suurimmat perkaukset tehtiin ennen vuoden 1978 tiheysarviota. Korkeimmat havaitut kiintoainepitoisuudet koealueilla III ja IV olivat 500 - 600 mg/l ja rautapitoisuudet 16 - 18 mg/l. Näiden vaikutuksesta pieneni rapukannan koko huomattavasti molemmilla koealueilla.

Alimmalla koealueella V esiintyi perkausten aiheuttamaa samentusta sekä v. 1977 että v. 1978. Suurimmat kiintoainemäärät olivat noin 100 mg/l ja rautamäärät 5 mg/l. Aikuisten rapujen määrään näillä pitoisuuksilla ei ollut vaikutusta.

Koealue III perattiin vuoden 1978 tiheysarvion jälkeen. Rapujen määrä väheni edelleen huomattavasti. Verrattuna ennen töitä olleeseen tiheyteen todettiin aikuisten rapujen määrän kaikenkaikkiaan töiden vaikutuksesta vähentyneen noin 80 %. Mitantäyttävien rapujen määrä oli vähentynyt noin kymmenesosaan ennen töitä olleesta tasosta. Vuosien 1980 ja 1981 tulokset osoittavat, että minkäänlaista elpymistä ei rapukannassa kolmen vuoden kuluttua perkauksista ole havaittavissa.



Kuva 3. Merkintään ja takaisinpyyntiin perustuvat arviot rapukannan koosta koelueilla III, IV ja V (≥ 70 mm ravut ja täysimittaiset ravut). Nuolet kuvaavat tapahtumia koelueilla. A = samentuminen, kiintoaineen maks. n. 100 mg/l, B = samentuminen, kiintoaineen maks. 500-600 mg/l, C = alue perattu.

RAPUKANTA PERATUSSA JA VUOROKAUSISÄÄNNÖSTELLYSSÄ UOMASSA

Kalliokosken voimalaitos harjoittaa vuorokausisäännöstelyä, jonka vaikutuksesta vuorokautiset vedenkorkeuden vaihtelut koealueella III ovat kesän aikana noin 1 metrin luokkaa. Perkauksissa toista rantaa pyrittiin säästämään, mutta vuorokausisäännöstelyn vaikutuksesta huomattava osa ravulle tärkeästä rantatörmästä on osan vuorokautta kuivana. Vuorokausisäännöstely on suurimmillaan kesällä, jolloin rapu kasvaa ja on kuorenvaihdon aikana sidottu suojapaikkaansa.

Pyyntikokoisten rapujen määrä peratulla vuorokausisäännöstelyllä alueella oli v. 1981 noin 10 % alkuperäisestä kannasta. Koko peratulla alueella tehtyjen koeravustusten perusteella yrityskohtainen saalis (kpl/merta/pyyntikerta) oli v. 1981 0,22. Perkaamattomien alueiden saalis oli vuosina 1974 - 1978 keskimäärin 1,04 kpl merta ja pyyntikertaa kohti. Peratun alueen rapukanta on niin heikko ettei sitä kannata pyytää. Lisäksi vuorokausisäännöstely tekee pyynnin varsin vaikeaksi. Ennen töitä v. 1975 oli perkausalueen rapusaalis noin 2 400 kpl. Vuonna 1980 oli ravustus lähes kokonaan loppunut ja saalis oli n. 200 kpl.

RAPUTALOUEDELLISEN ARVON MUUTOKSET

Koska rapu saavuttaa sukukypsyyden ennen laillista 10 cm:n pyyntikokoa, voidaan täysimittaiset ravut vuosittain pyytää pois rapukantaa vaarantamatta. Tällöin ravun saaliskapasiteetti on sama kuin täysimittaisten rapujen määrä. Taulukossa 1 on esitetty saaliskapasiteetti ja sen arvo Pyhäjoen koealueella III.

Taulukko 1. Ravun saaliskapasiteetti (= ylämittaisten rapujen määrä) ja sen arvo koealueella III

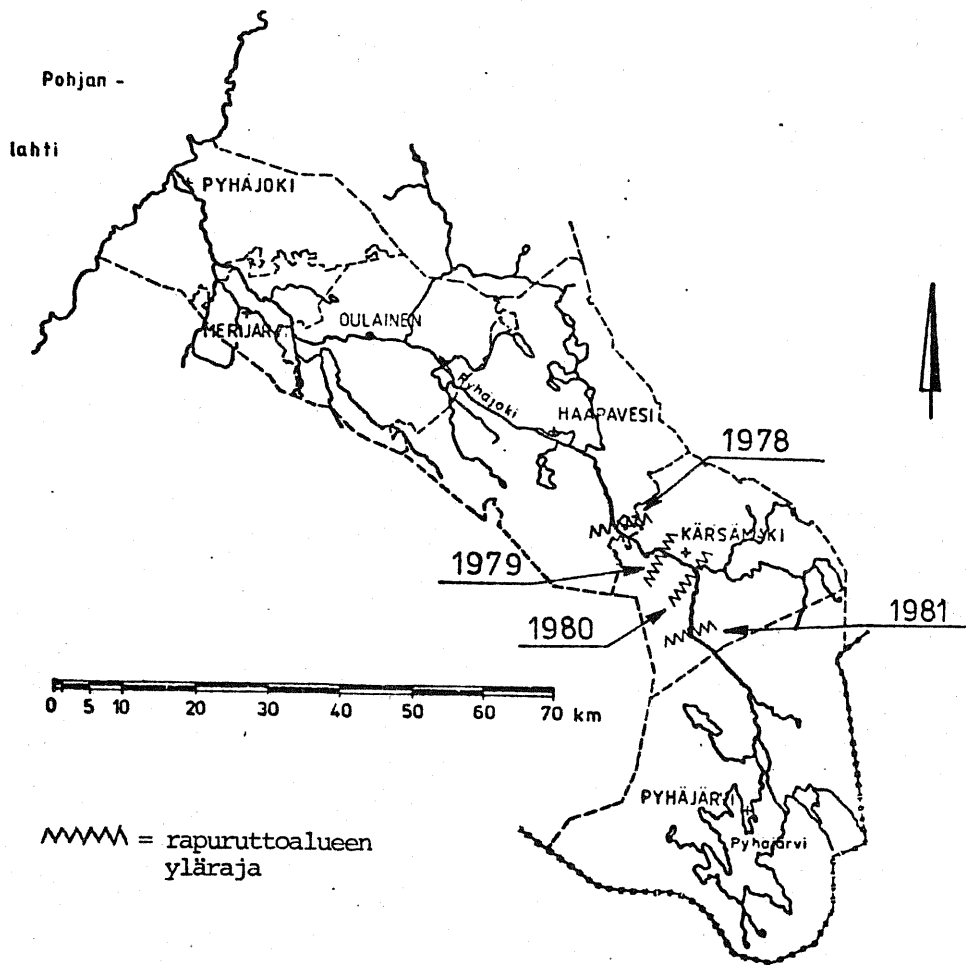
Vuosi	kpl/ha	Hinta mk/kpl	Arvo mk/ha x a	
			brutto	netto (80%)
1975	887	2,33	2067	1654
1977	839	2,17	1821	1457
1978	347	2,28	791	633
1979	87	2,52	219	175
1980	145	2,76	400	320
1981	94	2,76	259	207

Koealue edusti Pyhäjoen oloissa keskimääräistä heikompaa rapu-alueutta, mutta saaliskapasiteetin arvo oli kuitenkin noin 2000 mk/a. Töiden vaikutuksesta arvo menetettiin käytännössä täysin.

RAPURUTTO

Pyhäjoen tapaus on sikäli tyypillinen, että samaan aikaan vesistötöiden kanssa puhkesi v. 1978 rapurutto. Tauti kuitenkin alkoi alueilla, missä töiden aiheuttamia veden laadun muutoksia ei esiintynyt ja levisi vasta myöhemmin töiden haitta-alueelle. Rapuruton leviämistä on seurattu vuosittain ja syksyyn 1981 mennessä ruttoalue on levinnyt ylävirtaan noin 30 km (kuva 4).

Useasti on epäilty paikasta toiseen siirtyvien ravustajien olevan pahimpia rapuruton levittäjiä. Pyhäjoessa rapuruton leviämismuutos jokea ylös on ollut noin 10 km vuodessa. Rapurutto on levinnyt myös Venetpalon voimalaitoksen yläpuolelle. Voimalaitoksella joki kulkee jonkin matkaa putkessa, joten ravut eivät ole voineet siirtää ruttoa voimalaitoksen yläpuolelle. Todennäköisesti rutto on levinnyt ravustajien mukana.



Kuva 4. Rapuruton leviäminen Pyhäjoessa 1978 - 1981.

TARKASTELUA

Pyhäjoen tulosten mukaan aikuisten rapujen kanta pieneni huomattavasti kun korkeimmat kiintoainepitoisuudet olivat 500 - 600 mg/l ja rautapitoisuudet 16 - 18 mg/l. Kun kiintoainepitoisuudet olivat n. 100 mg/l ja rautapitoisuus noin 5 mg/l ei muutoksia kannan tiheydessä todettu.

Ravun herkkyys epäedullisille ympäristötekijöille vaihtelee huomattavasti eri aikoina. Erityisen herkkä rapu on kuorenvaihdon aikana, jolloin se on lisäksi sidottu suojapaikkaansa. Akvaariokokeissa on todettu, että kuorensa vaihtaneet

ravut kestävät hyvinkin sameaa vettä, kun muut ympäristötekijät ovat suotuisia (KERÄNEN 1981). Sumputuskokeiden perusteella kovakuoriset, aktiivisesti liikkuvat ravut kestävät ainakin lyhyehköjä aikoja korkeita kiintoaine- ja rautapitoisuuksia (SEVOLA ym. 1977). Akvaario- ja sumputuskokeet eivät kuvaa kiintoaineen välillisiä vaikutuksia (mm. ravinto-kohteiden tuhoutuminen ja suojakolojon tukkeutuminen). Pyhäjoen tulosten perusteella voidaan päätellä, että juuri kiintoaineen välillisillä vaikutuksilla on ollut tärkein osuus rapukannan taantumisessa samentumisalueilla.

Perattavan alueen rapukanta tuhoutuu suurelta osin. Koska perkauksessa häviävät tai vähenevät rapujen ravinto ja suo-
japaikat alenee peratun uoman raputuotanto pysyvästi. Pyhäjoen peratuilla alueilla oli rapukanta kolmen vuoden kuluttua perkauksista vain noin kymmenesosa alkuperäisestä kannasta.

Peratun uoman voidaan arvioida ajan mittaan muuttuvan ravulle jonkin verran suotuisammaksi mm. kasvillisuuden ja pohjaeläimistön kehittyessä. On kuitenkin ilmeistä että voimakas vuorokausisäännöstely estää tämän kehityksen.

Perattua aluetta voidaan kunnostaa ravulle sopivammaksi suojapaikkoja lisäämällä. Vuorokausisäännöstely saattaa kuitenkin tehdä kunnostustoimenpiteet mahdottomaksi.

KIRJALLISUUS

- KERÄNEN, M. 1981: Avustavan virkamiehen lausunto täydentävässä katselmustoimituksessa, joka koskee Pehkolan ym. kalastuskuntien yhteistä hakemusta vesihallituksen velvoittamiseksi korvaamaan Uljuan tekoaltaan rakentamisesta kala- ja rapukannalle aiheutunut vahinko.
- Katselmuskirjan liite, 97 pp.

SEVOLA, P.,

GUSTAFSSON, E.,

SVARVAR, P.-O.&

UUSIKYLÄ. T. 1977: Kala- ja rapututkimukset Vaasan vesipiirin alueella 1977. - Vaasan vesipiirin vesitoimisto 31 pp.

Fiskeribiolog P-O Larsson och assistent Curt Eriksson
Laxforskningsinstitutet, S-810 70 Älvkarleby

UTNYTTJANDET AV VARA ÄLVARS PRODUKTION AV LAX

Laxen började fiskas redan av stenåldersmänniskorna och då enbart i älvarna, när de gick upp från havet på sin lekvandring. Laxarna var i älvarna relativt lättfångade, t.ex. när de ansamlades nedanför svårforcerade forsar eller vid leken.

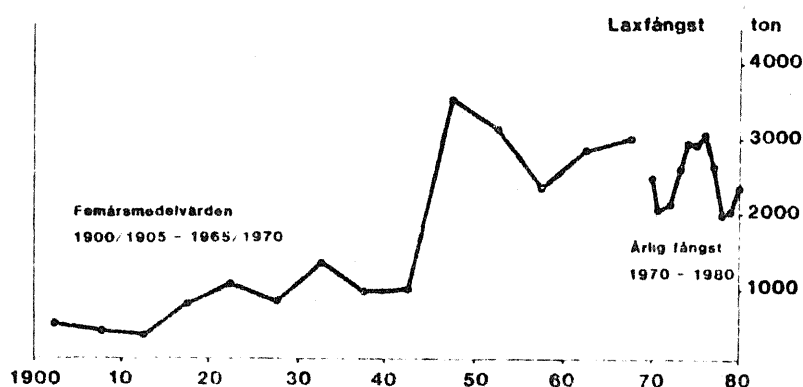
Älvfisket har sedan varit allena rådande med allt effektivare redskap (notar, pator m.m. (Christensen och Larsson 1979) fram till modern tid, när så bra utrustning kunde konstrueras att ett fiske med ryssjor och nät började i älvmyningarna.

Vid mitten av 1800-talet började också ett havsfiske i södra Östersjön. Det var ett kustnära endagsfiske med huvudsakligen s.k. fasta krokar (rapporterat redan från 1600-talet (Jensen 1964) men också med en form av drivgarn (Smidth 1861). Fortfarande omkring 1885 fångades dock c:a 75 ton i t.ex. Angermanälven (Berglund 1978), vilket är mer än den totala svenska älvfångsten under de senaste åren.

LAXFISKET UNDER 1900-TALET

Totalfångsten av lax i Östersjön under 1900-talet framgår av figur 1. Fram till andra världskriget låg fångsten runt 1 000 ton per år, huvudsakligen i kust- och älvfiske efter lekvandrande fisk. En ökande del togs dock i södra Östersjön med fasta krokar, drivgarn och strandnot (mest A.+ lax på 0.5-1 kg (Nordqvist 1908)).

Efter andra världskriget tog havsfisket efter uppväxande lax fart på allvar, främst genom att danska fiskare introducerade drivlinefisket (1947), men också genom att drivgarnsfisket ökade. Från början på 1960-talet ersattes hampgarnen av nät med syntetfiber, och garnfisket blev därefter dominerande (Christensen och Larsson 1979).



Figur 1. Totalfångst av lax i Östersjön. Femårsmedelvärden 1900/05 - 1965/70 samt årlig fångst 1970 - 1980.

Älvfiskets andel av fångsterna redovisas i tabell 1 i form av femårsmedelvärden från 1900. Numera tas högst 5 % av laxen i älvfisket.

Av tabell 2 framgår att utvecklingen från 1945 domineras av den kraftiga ökningen av havsfisket i egentliga Östersjön, speciellt från dansk sida. Den åtföljande nedgången i älvfisket är uppenbar. Under första hälften av 60-talet kompenseras denna i Sverige delvis av de snabbt ökande utsättningsarna av odlade smolt. De rekordhöga danska fångsterna under senare delen av 60-talet åstadkom emellertid en fortsatt nedgång i mängden lekvandrande lax. En spontan nedgång i havsfisket under några av de första åren av 70-talet (torskfiske var ovanligt lönsamt) gav tillfälligt en ökad lekvandring, men inte tillräcklig för att förhindra den kraftiga reduktionen av naturlig reproduktion i framför allt Torneälven. Reduktionen, som är väl dokumenterad genom kontinuerliga elfiskeundersökningar, har beräknats till c:a 70 % i Torneälven och 30 - 50 % i Kalixälven (Karlström 1982). Sedan mitten av 70-talet har antalet avelslaxar, som kunnat fångas i älvar med kompensationsodling, varit mycket lågt. I flera fall har inte tillräcklig rommängd kunnat erhållas, utan främmande stammar måste användas, där så tillåtes. Annars måste ett mindre antal smolt än avtalat sättas ut. Ofta används också samtliga fångade honor i aveln, även sådana som har uppenbara genetiska defekter, t.ex. ryggradskrökningar eller -förkortningar.

Tabell 1. Älvanandel av totalfångsten av lax i Östersjöområdet. Femårsmedelvärden 1915/19 - 1975/79.

År	% älvfångst
1915 - 19	33.6
1920 - 24	30.2
1925 - 29	23.5
1930 - 34	21.1
1935 - 39	22.4
1940 - 44	21.0
1945 - 49	19.4
1950 - 54	9.3
1955 - 59	7.8
1960 - 64	6.3
1965 - 69	4.7
1970 - 74	5.3
1975 - 79	4.0

Tabell 2. Fångst av Östersjö lax i ton. Årsmedelvärden för femårsperioder. (Från Christensen och Larsson 1979).
S=havsfångst (inkl. kust), R=älvfångst.

Område:	Egentliga Östersjön				Bottniska viken				Finska viken			Finska viken Rigabukten	Samman- lagt
Nation:	Dan- mark	Fin- land	Övriga	Sve- rige	Sverige		Finland		Dan- mark	Finland		Sovjet- unionen	
Fiske:	S	S	S	S	S	R	S	R	S	S	R	S/R	S/R
1900-04	26	-	141	+	+	+	54	67	-	19	134	+	441 +
05-09	32	-	85	+	+	+	46	71	-	58	81	+	373 +
10-14	39	-	70	+	+	+	67	57	-	46	53	+	332 +
15-19	41	-	120	165			131	135	-	36	31	+	748 +
20-24	57	-	168	309			187	150	-	47	4	+	1047 +
25-29	48	-	355	223		+	108	46	-	28	4	+	812 +
30-34	100	-	297	343		100	153	57	-	38	2	253	1343
35-39	47	-	136	282		113	126	43	-	29	2	195	973
40-44	120	-	25	458		172	179	36	-	6	1	+	997 +
45-49	665	4	284	1380		471	344	142	-	7	-	215	3512
50-54	1200	20	255	599	321	211	307	35	?	45	-	142	3135
55-59	944	18a	383	276	153	119	247a	-	?	30a	-	200	2370
60-64	1315	55b	332	308	182	131	270b	-	22	99b	-	152	2866
65-69	1671	135	210	337	128	90	162	-	9	114	-	155	3010
70-74	1131	171	120	343	146	90	184	1c	17	129	-	116	2465
75-79	1018	183	147	303	253	68	379	-	65d	73	-	67	2578

a uteslutande 1959

b medeltal för 1963 och 1964

c uteslutande 1974

d 1975, 1976 och 1977

INTERNATIONELLA REGLER FÖR LAXFISKET

De första internationellt överenskomna bestämmelserna angående laxfisket kom i "1962 års laxkonvention för Östersjön", som helt var i bruk 1967. Internationella kommissionen för Östersjöfisket antog dessa regler 1976. De viktigaste är följande: Minimistorlek på krok 19 mm (mellan skaft och spets), minimistorlek på nätmaskor 157 mm (syntetfiber), minimilängd på landad lax 60 cm (totallängd, anpassad till selektiviteten hos minimimaskstorleken), förbudstid f.n. 15 juni - 1 september (Christensen och Larsson 1979). (Till 15 sept. år 1982.)

Några kommentarer angående dessa regler är nödvändiga. När det gäller krokstorleken, var man redan när bestämmelsen infördes på det klara med, att den inte hade någon betydelse vare sig avseende totalfångsten eller vad gäller storleksfördelningen hos de fångade laxarna (Christensen och Larsson 1979). Avsikten med denna bestämmelse är därmed oklar.

Avsikten med maskstorleken (och minimimåttet på laxen) är att laxarna ska fångas först fr.o.m. deras andra vinter i havet. Medelstorleken på laxen är i september andra året i havet c:a 2.2 kg, vilket motsvarar 60 cm. Detta innebär emellertid, att näten under särskilt de första månaderna av andra säsongen är mycket selektiva för de största och därmed mest snabbväxande laxarna. Effekten av detta märks tydligt om man tittar på medelviktarna per säsong för de fångade laxarna. De få laxar som överlever till och fångas under femte säsongen i havet har som regel lägre medelvikt än de som fångas under fjärde säsongen. Endast de mest långsamväxande, som kanske inte uppnår fångstbar storlek under andra säsongen, har någon större chans att överleva till femte säsongen. De laxar, som används i aveln eller leker i älvarna, har också utsatts för denna "negativa" selektion, och risken för att vi i längden odlar fram en alltmer långsamväxande lax är uppenbar. Lyckligtvis har snabbvuxenhet ett högt överlevnadsvärde, annars hade vi säkert redan registrerat en långsammare tillväxt.

Förbudsperiodens reglerande effekt är diskutabel, eftersom det innan dess införande fångades mycket lite lax under den aktuella tiden, bl.a. beroende på att laxen, när det är varmt i ytvattnet, håller sig så djupt att den normalt inte nås av drivgarn eller drivlina.

Förutom de internationella bestämmelserna finns många nationella och lokala restriktioner när det gäller laxfisket, t.ex. förbudszoner i flera älvmynningar, förbud mot vissa redskap och förbudstider på hösten för att skydda den lekande fisken (Christensen och Larsson 1979). För Torneälven har vissa regler införts av gränsälvskommisionen. Flera av dessa restriktioner, särskilt de som har införts under de senaste åren, får ses som akuta aktioner för att försöka rädda laxbestånden undan sammanbrott. De har oftast haft liten eller ingen effekt.

LAXFISKET I DE EKONOMISKA ZONERNA

Med början 1978 (av Sverige) har s.k. ekonomiska zoner (eller fiskezoner) ut till 200 sjömil införts i Östersjön. Detta har haft avsevärd betydelse för laxbestånden. En regel, som infördes för den svenska zonen 15 april 1978, har emellertid varit tämligen betydelselös. Den innebär en maximering av antalet drivgarn till 150 per besättningsman och 600 per båt samt 2 000 drivlinekrokar per båt. Den danska laxfiskeflottan, som anses vara den mest intensivt fiskande, använde i mitten

av 70-talet i genomsnitt 630 nät resp. 1 800 krokar per båt (Christensen och Larsson 1979), varför den införda regeln inte har haft någon fångstbegränsande effekt.

Eftersom hittills ingen överenskommelse nåtts inom Östersjökommissionen angående ett TAC för lax, har fisket baserats på bilaterala avtal. Det har bl.a. inneburit, att EG-länderna inte fått tillträde till de tidigare betydelsefulla områdena på öststatszonerna. Dessutom har avtalet mellan Sverige och EG inneburit en minskning av EG's fiske på svensk zon, och att EG för sin kvot betalat för motsvarande mängd utsatta odlade smolt, beräknat efter en fångst av 500 kg/1000 utsatta smolt. Under 1979 var kvoten 325 ton och 1980 var den 220 ton, jämfört med c:a 700 ton på samma område tidigare. För 1981 har ingen överenskommelse gjorts mellan Sverige och EG, varför havsfisket kan förväntas minska ännu något. Effekten av den minskning, som redan har skett alltsedan 1977, har tyvärr motverkats av den nämnda nedgången i de naturliga bestånden i framför allt Torne och Kalix älvar. Dessutom har de aktuella årgångarna av odlade smolt haft sämre överlevnad och sämre tillväxt än normalt. Under sommaren 1981 har emellertid lekvandringen varit mer omfattande för de flesta svenska älvbestånden, åtminstone de odlade, för vilka bl.a. uppgifter om avlesfångst föreligger. Den dominerande smoltårsklassen, 1979, har dock en avsevärt långsammare tillväxt än normalt (medelvikt tredje sommaren 3.6 kg mot normalt 3.9 - 4.5 kg), vilket medför att ökningen är större antalsmässigt än viktsmässigt.

OPTIMALT UTNYTTJANDE AV LAXBESTANDEN

Effekten av minskningar av havsfisket har studerats genom simuleringar med hjälp av den s.k. laxpopulationsmodellen (Larsson 1975). Som utgångspunkt har använts genomsnittssituationen för 1970-talet, den vikt-fördelning per säsong som erhållits i märkningsförsöken under denna tid samt aktuella priser för lekvandrande lax levererad till Gävlefisk (hela svenska Bottenhavskusten) resp. uppväxande lax levererad till fiskförsäljningsföreningen i Visby. Simuleringen innebär att man med hjälp av modellen beräknar hur mycket lax som fångas under olika säsonger, om havsfisket minskar i olika stor utsträckning.

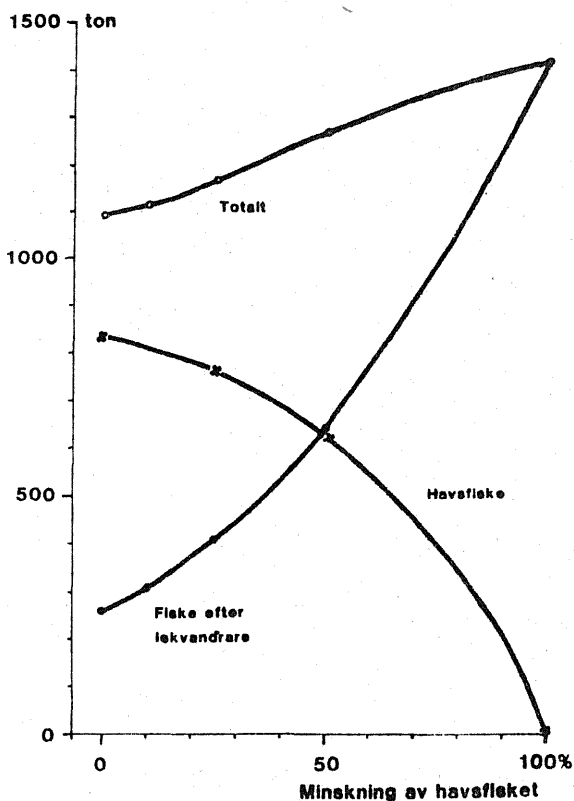
Resultatet vad gäller de två miljonerna odlade smolt från Sverige redovisas i figur 2 och 3, avseende fångstmängd resp. -värde. Totala fångstmängden ökar teoretiskt från nuvarande c:a 1 100 ton till drygt 1 400 ton om allt havsfiske skulle upphöra. Värdet av denna högre fångst skulle emellertid bli nästan det dubbla mot dagens fångst (fig. 3) beroende på det högre kilopriset för de större laxarna. En liknande simulering med principiellt samma resultat gjordes av Lindroth (1964), tyvärr utan att det ledde till införandet av några väsentliga begränsningar av havsfisket.

Vad gäller den i Sverige odlade laxen skulle det också innebära att all lax fångades av svenska fiskare, eller att det svenska laxfisket totalt skulle öka från c:a 20 miljoner SEK i dag till minst 100 miljoner. Ungefär samma potentiella värde gäller för det finska laxfisket om ett par år, när enligt målsättningen minst 2 miljoner odlade laxungar ska sättas ut i finska älvar. Andra fördelar vore t.ex. bättre kvalitet på avelslax, både för odling och naturlig reproduktion, samt möjligheter att restaurera laxbestånd i små vattendrag förutom att bestånden i de större älvarna skulle återgå till optimal storlek.

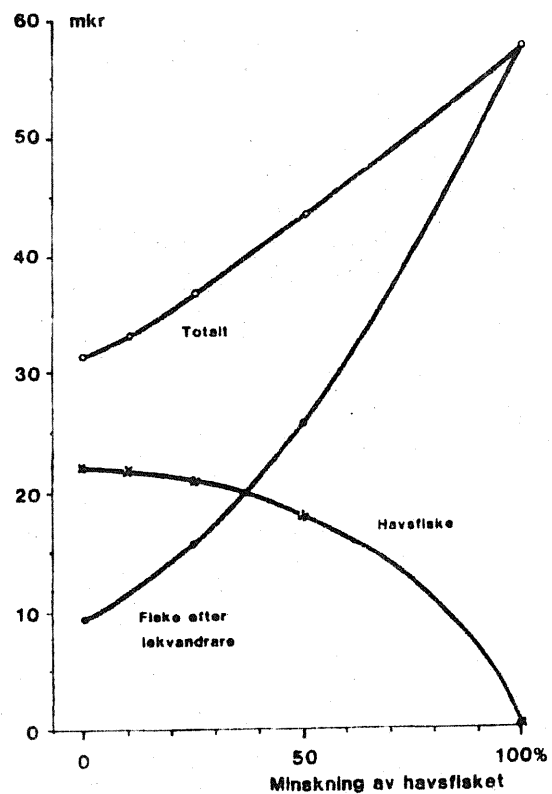
Sportfisket efter lax, som omsätter c:a 10 gånger mer pengar per fångat kilo lax än yrkesfisket, skulle också få ökad betydelse, i Sverige främst i områden med svår arbetslöshet. Det finns flera positiva effekter. För Sveriges del blir de sekundära effekterna betydande (utöver sportfiskets). Möjligheterna för beredningsindustrin ökar, främst för rökerierna. Exporten underlättas om man har tillräckliga mängder. Import av lax (från Norge) bör kunna minskas.

Det kan också noteras, att bara den svenska laxfiskeflottan i Östersjöns havsfiske kan beräknas förbruka c:a 1 miljon liter olja per år för att fånga fisk, som annars, när den växt färdigt och har bäst kvalitet, själv simmar in till kusten och älvarna och lätt fångas där.

Resultat av simuleringar måste alltid bedömas med stor försiktighet, särskilt om man simulerar stora förändringar, som här med helt stoppat havsfiske. Några faktorer är mycket svårbedömda och har inte tagits med i simuleringarna.



Figur 2. Fångst av lax utifrån 2 miljoner odlade smolt vid minskat havsfiske



Figur 3. Laxfångstens värde enligt figur 2.

Det gäller t.ex. om samma exploateringsgrad kan uppnås när så mycket mer lax kommer in mot kust och älv, om priset kan hållas på samma nivå vid stora fångster på kort tid (frysning av fångsten är dock regel redan nu) samt hur mycket högre medelvikterna blir om det selektiva

havs fisket stoppas. Effekterna av dessa faktorer motverkar dock varandra. Dessutom är metoden testad genom jämförelse med effekterna av den spontana minskningen av havs fisket de första åren på 70-talet. Överensstämmelsen var mycket god vid denna c:a 25 %-iga reduktion av havs fisket.

Principiellt står det helt klart, att en optimal exploatering av laxen innebär att den ska fiskas på sin lekvandring, vid kusten eller i älven, när kvaliteten också är som bäst. Om varje älvstam kan beskattas separat, har man en mycket bättre möjlighet att kontrollera, att ett lämpligt antal laxar släpps upp i älven för reproduktion resp. tas till avelfisk för odling. Eftersom de olika bestånden tål olika hård beskattning, betyder en individuell beskattning också, att man totalt får en maximal fångst.

Det potentiella värdet av individuella laxstammar beräknas utifrån den ovan använda modellen. Den viktigaste "vilda" stammen, i Torneälven, kan med maximal smoltproduktion och optimal exploatering förväntas ge 600-800 ton per år i fångst i älven och vid kusten. Utsättningarna i Kemi älv bör kunna ge 500 - 600 ton, medan en liten naturstam som i Simojoki kan tänkas ge 60 - 80 ton per år. Det innebär att produktion av laxsmolt måste betraktas som en av de värdefullaste användningsområdena användningsområdena för ett vattendrag samt att länder som Finland och Sverige, vilka har sådana vattendrag bör arbeta för att minska fisket efter uppväxande lax i havet så att laxen utnyttjas bättre än nu.

REFERENSER

- Berglund, L. (& Larsson, P-O). 1978. Laxfångst i Ume älv, Ångermanälven med biflödet Faxälven samt Indalsälven från mitten eller senare delen av 1800-talet till 1914. (Diagram och kommentarer). Laxforskningsinstitutet Inf. Nr. 5.
- Christensen, O. & Larsson, P-O. 1979. Review of Baltic Salmon research. ICES Coop. Res. Rep. No. 89.
- Jensen, J.K. 1964. Bornholmske samlinger. Rönne.
- Larsson, P-O. 1975. En modell av Östersjöns population av odlad lax. Laxforskningsinstitutet Medd. Nr. 4.
- Lindroth, A. 1964. Östersjölaxens storlek. Laxforskningsinstitutet Medd. Nr. 3.
- Nordqvist, O. 1908. Die Längenmasse von in der südlichen Ostsee gefangenen Lachsen. Rapp. p.-v. réun. Cons. int. Explor. Mer, 9: 20-28.
- Smidth, A.J. 1861. Beretning om Fiskeriernes Tilstand ved Bornholm og Christiansö. Köpenhamn.

UTNYTTJANDET AV VÅRA ÄLVARS PRODUKTION AV LAX

P-O Larsson och Curt Eriksson

Sammandrag

Från att ha fiskats enbart i älvarna har exploateringen flyttat längre ut till havs, där nu nästan all lax fångas, med stora risker för laxbestånden som följd.

De regler som finns för havsfisket efter lax innebär ingen nämnvärd begränsning även om inrättandet av ekonomiska zoner ger visst hopp om en förbättring av situationen.

Simuleringar av ändringar i fiskemönstret ger vid handen att varje minskning i havsfisket ger ökad totalfångst och ännu större värdeökning av fångsten. Dessutom uppnås flera stora positiva sekundäreffekter. Det stora potentiella värdet hos den lax som produceras i våra älvar tillvaratas inte i dag men man bör arbeta för en förändring av fiskemönstret mot enbart fångst av lekvandrande lax vid kusten och i älvarna.

**Tampereen teknillinen korkeakoulu
Rakennustekniikan osasto
Rakentamistalous**

**Tampere University of Technology
Department of Civil Engineering
Construction Economics**



1982

VESISTÖRAKENTAMISEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

LAURI KATTELUS

OLLI NIEMI

Tampere 1982

VESISTÖRAKENTAMISEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	
1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTA	1
1.2 TUTKIMUKSEN YKSILÖIDYT TAVOITTEET	2
1.3 TUTKIMUSMENETELMÄT	2
2. VESISTÖTÖIDEN JA LIITÄNNÄISINVESTOINTIEN KANSANTALOUDELLINEN KANNATTAVUUS	4
3. VESISTÖTÖIDEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	8
3.1 VESISTÖTÖIDEN LÄHTÖKOHDAT JA LAAJUUS	8
3.2 VESISTÖTÖIDEN PANOSTEN VAIKUTUKSET	8
3.2.1 Vesistötöiden kustannukset	8
3.2.2 Vesistötöiden taloudelliset vaikutukset	10
3.3 VESISTÖTÖIDEN TUOTOKSET	13
3.3.1 Maatalous	13
3.3.2 Voimatalous	15
3.3.3 Virkistyspalvelut	15
4. HIRVIKOSKEN VOIMALAITOS	17
4.1 PANOKSET	17
4.2 TUOTOKSET	17
4.3 TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	18
5. HYÖTYALUEIDEN SALAOJITUS	20
6. LAPUANJOEN VESISTÖALUEEN METSÄOJITUS	21
7. VIRKISTYSKÄYTÖN LIITÄNNÄISINVESTOINNIT	22

VESISTÖRAKENTAMISEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

1. JOHDANTO

1.1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

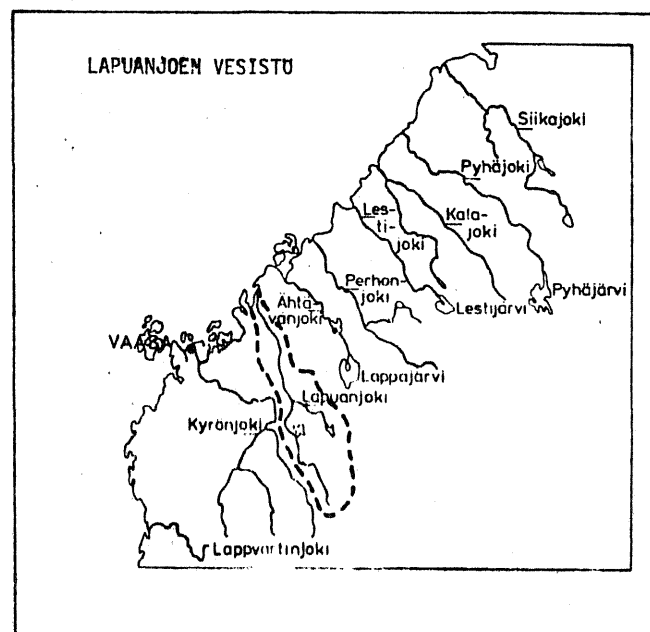
Viimeaikaisissa keskusteluissa vesistöarakentamisen vaikutuksista on väitetty, että lupa- ja määräraahakemusten yhteydessä esitetyt taloudellisuuslaskelmat ovat olleet harhaanjohtavia: vesistötöiden hyötyjä on painotettu liikaa ja haittavaikutuksia on usein sivuutettu. Samalla koko vesistöarakentamisen kannattavuus on asetettu kyseenalaiseksi. Tähän on eräänä syynä se, että elintason noustessa ja vapaa-ajan lisääntyessä on luonnonympäristön arvostus oleellisesti kasvanut. Tekoallaskaloissa havaitut elohopeakertymät, vuorokausisäännöstelyn haitat ja turvelauttojen ilmaantuminen ovat kärjistäneet vesistöarakentamiseen kohdistuvaa arvostelua. Toisaalta energian odotettua nopeampi hinnannousu on kohentanut vesistötöiden taloudellisuutta.

Kokonaisvaltaisen kuvan muodostamista on vielä vaikeuttanut se, että laajat hankkeet on vesioikeuskäsittelyssä jaettu moniin vaiheisiin ja alkuperäisiä suunnitelmia on usein muutettu tai täydennetty. Investoinneista koituneet hyödyt ovat lisäksi eriaikaisia ja pitkävaikutteisia.

Tässä tutkimuksessa arvioidaan näitä väitteitä. Pyrimme myös tarkentamaan käytettyjä laskentamenetelmiä ja ottaamaan huomioon kaikki vesistötöiden ja niihin liittyvien liitännäisinvestointien vaikutukset kohdekunnille ja koko kansantaloudelle. Tutkimus kuuluu osana vesihallituksen asettamaan Pohjanmaan vesistöarakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektiin.

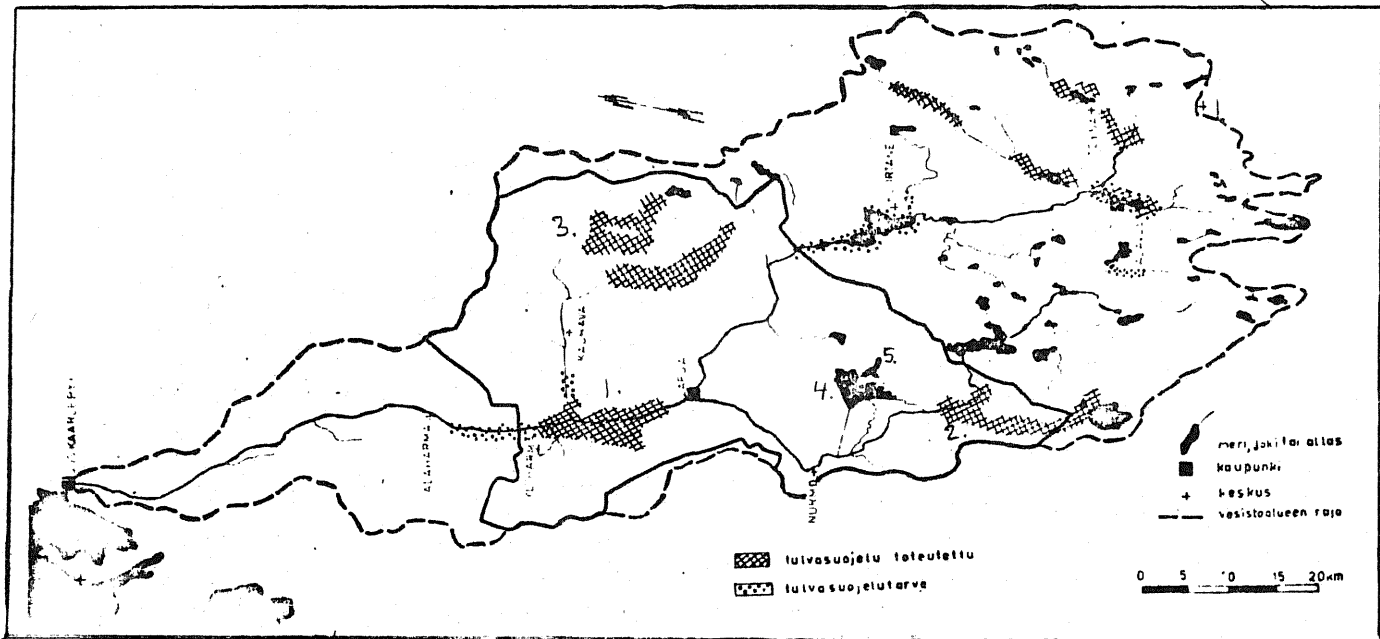
Tutkimuskohteeksi on valittu Lapuanjoen vesistö (kuva 1.1), sillä sen alueella vesistöaloussuunnitelman mukaiset työt ovat lähes valmiit. Lisäksi hankkeen vaikutuksista maatalouteen on jo tehty tutkimus, joka tarjoaa hyvän lähtökohdan jatkotutkimuksille.

Kuva 1.1
Lapuanjoen vesistön
sijainti.



Tavoitteena on laskea Lapuanjoen vesistötöiden ja liitännäisinvestointien kansantaloudellinen ja aluetaloudellinen kannattavuus sekä selvittää vesistötöiden merkitys talousalueen kunnille. Päävaikutusalue on rajattu käsittämään Lapuan kaupungin sekä Kauhavan, Nurmon ja Ylihärman kunnat eli ne kunnat, joissa vesistötyöt on pääosin tehty (kuva 1.2).

1. Pengerrysalueet
2. Nurmonjoen perkaus
3. Kauhavanjoen perkaus
4. Hirvijärven tekoallas
5. Varpulan tekoallas



Kuva 1.2. Lapuanjoen vesistötyöt ja tarkasteltava talousalue.

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tarkastellaan pelkästään vesistötöiden vaikutuksia alkutuotannon, teollisuuden ja palveluelinkeinojen tuotantomääriin ja työllisyyteen. Tämä edellyttää vesistötöiden ja niiden avulla aikaansaatuisten lisätuotosten panosrakenteiden selvittämistä.

Liitännäisinvestoinnit parantavat ratkaisevasti vesistötöiden taloudellisuutta. Toisen vaiheen tavoitteena onkin näiden liitännäisinvestointien taloudellisten vaikutusten selvittäminen.

Sekä vesistötyö- ja liitännäisinvestoinnit että niistä saatavat tuotot merkitsevät lisätuloja mm. palkansaajille, yrityksille, kunnille ja valtiolle. Kolmannen vaiheen tavoitteena on selvittää näiden lisätulojen vaikutukset talousalueen tuotantotoimintaan lisäkulutuksen ja investointien välityksellä.

Tutkimuksessa tarkastellaan myös millaista korkokantaa tulisi käyttää erilaisten ja eriaikaisten investointien sekä niiden vaikutuksesta syntyvien tuottojen vertailuissa.

1.3 TUTKIMUSMENETELMÄT

Vesistötöiden vaikutukset aluetaloudelle ja kansantaloudelle selvitetään käyttämällä kahta eri tutkimusmenetelmää.

K a n n a t t a v u u s a n a l y y s i . Kannattavuusanalyysissä verrataan vesistötöillä ja liitännäisinvestoinneilla aikaansaatuja tuotoksia niiden vaatimiin panoksiin. Panoksia ja tuotoksia analysoimalla selviää myös hankkeiden kansantaloudellinen edullisuus ja aluetaloudellinen kannattavuus. Kokonaiskannattavuutta laskettaessa pyritään myös arvottamaan hankkeiden vaikutuksia luonnonoloihin mm. ympäristöön ja kalatalouteen. Toisalta arvotetaan myös vesistötöiden ja liitännäisinvestointien tarjoama työllisyys alityöllisyysalueella esimerkiksi työttömyyskorvauksen avulla.

P a n o s - t u o t o s a n a l y y s i l l ä tutkitaan tuotantoketjujen keskinäiset suhteet, tuotantolisien ja tuotantomenetysten vaikutukset eri toimialoilla sekä vesistötöiden merkitys kohdekunnille

N y k y a r v o n l a s k e m i n e n . Tutkimuksessa verrataan investointeja ja niiden tuottoja toisiinsa. Pitkällä ajalla tehtyjä investointeja ei voida kuitenkaan laskea suoraan yhteen, vaan sekä panosten että tuotosten nykyarvon määrittämisessä on otettava huomioon inflaatiokorjauksen lisäksi k o r k o v a a t i m u s . Syynä on työn tuottavuuskehitys. Esimerkiksi 1 milj. markan investoinnit edellyttivät vuonna 1960 yli kaksinkertaista työpanosta verrattuna vuoteen 1980. Toisaalta 1 milj. markan investoinnit edustivat 1960 yli kaksi kertaa suurempaa tuotanto-osuutta kansantalouden tuotantovolyymistä kuin 1980.

Kansantalouden tasolla työn keskimääräinen tuottavuus- ja tuotannon määrän kehitys olivat 1960- ja 1970-luvuilla 4 % vuodessa. Vuosina 1980...2010 kehityksen ennakoitaan hidastuvan n. 3 %:n tasolle. Käyttämällä menneessä ajassa 4 %:n ja tulevaisuudessa 3 %:n korkokantaa voidaan aikaisempien vuosien investointeja verrata tulevien vuosien tuottoihin. Tällöin myös työllisyysvaikutuksen selvittäminen helpottuu, sillä ylempänä mainitulla korkovaatimuksella korjattujen panosten ja tuotosten suhteet kuvaavat näinä vuosina käytettyjen työpanosten suhteita eli työvuodet voidaan laskea sellaisinaan yhteen.

Valtionhallinnossa annetuissa ohjeissa on päädytty pääomakustannusten nykyarvon laskemisessa 6 %:n korkokantaan, ellei ole erityisiä syitä muun korkokannan käyttöön. Kansantalouden kasvun hidastuttua voidaan jo 6 %:n koron katsoa sisältävän pienen riskivaatimuksen. Vesistötyöinvestoinnit ovat kansantalouden kannalta luonteeltaan infrastruktuuri-investointeja, joiden korkovaatimuksen ei tarvitse olla näin korkea.

Korkokannan ja laskenta-ajan vaikutusta testataan pääraportissa kuitenkin herkkyyksianalyysillä, jossa käytetään mm. 6 %:n korkoa.

K a n n a t t a v u u d e n p e r i a a t e . Vesistörakentamisen edullisuus (E) muodostuu vesistötöiden aikaansaamien tuotosten (= hyötyjen ja haittojen) sekä vesistötöihin uhrattujen panosten (kustannusten) perusteella. Sekä tuotokset (arvot) että panokset syntyvät investointien (I) käytön (K) ja toimintojen (T) yhteydessä:

$$E = \frac{A_I + A_K + A_T}{K_I + K_K + K_T}$$

Ennen edullisuuden arviointia tarkastellaan vesistötöiden ja liitännäisinvestointien kannattavuutta, jossa on verrattu vesistötöiden ja liitännäisinvestointien aikaansaamien selvästi rahassa mitattavia tuotoksia niiden vaatimiin kustannuksiin. Arviointi on suoritettu vuoden 1981 alun hintatasossa, johon vuosina 1959...1980 syntyneet kustannukset ja tuotot on siirretty 4 %:n korkokannalla ja vuosina 1981...2010 syntyvät kustannukset ja tuotot 3 %:n korkokannalla.

Tämän jälkeen vesistötöiden edullisuutta on pyritty lähestymään arvioimalla markkamääräisten hyötyjen lisäksi rahassa vaikeasti mitattavien arvotekijöiden vaikutusta.

K a n n a t t a v u u s . Vesistötöiden perimmäisenä tarkoituksena on tulvasuojelu. Tätä tarkoitusta varten Lapuanjoen vesistöön rakennettiin kaksi tekoallasta (säännöstelytilavuus yhteensä 50 milj. m³), perattiin jokiuomia lähes 60 km sekä rakennettiin penkereitä yhteensä 40 km. Vesistötöiden investointi- sekä käyttö- ja kunnossapitokustannusten nykyarvo vuoden 1981 alun hintatasossa 4 %:n korkokannalla on yhteensä 195 milj. mk (kuvan 2.1 piste A).

Vesistötyöt tuottavat Uudenkaarlepyyn Statsforsin voimalaitokselle ilmaista säännöstelyhyötyä, jonka nykyarvoksi on arvioitu noin 6 milj. mk vuoden 1981 hintatasossa. Tämä hyöty ei vaadi lisäpanoksia (kuvan 2.1 pisteestä A pisteeseen B).

Vesistötyöt poistivat tulvat yli 6 700 ha alueelta, josta on peltoa lähes 5 900 ha. Hyötyalueella olevan pellon sato lisääntyi noin 700 mk/ha eli lähes 4 milj. mk/koko hyötyalueella vuodessa. Lisätuotoksen nykyarvoksi on laskettu 125 milj. mk. Tästä on lähinnä korjuun vaatimia lisäpanoksia 12 milj. mk (kuvan 2.1. pisteestä B pisteeseen C). Voimataloudessa ja maataloudessa syntyvät hyödyt eivät siten täysin riitä peittämään vesistötöiden kustannuksia.

Vesistötöiden kannattavuuden varmistamiseksi hankkeeseen liitettiin mukaan Hirvikosken voimalaitos jo suunnitelmien varhaisessa vaiheessa valtion ja paikallisen sähköyhtiön välisellä sopimuksella. Voimalaitoksen rakentamis-, käyttö- ja kunnossapitokustannusten nykyarvo on noin 33 milj. mk. Voimalaitoksen tuotto keskivesivuonna on runsaat 5,5 milj. mk. Tuotosten nykyarvoksi on laskettu 153 milj. mk (kuvan 2.1 pisteestä C pisteeseen D). Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Hirvikosken voimalaitos varmisti Lapuanjoen vesistötöiden kokonaistaloudellisen kannattavuuden.

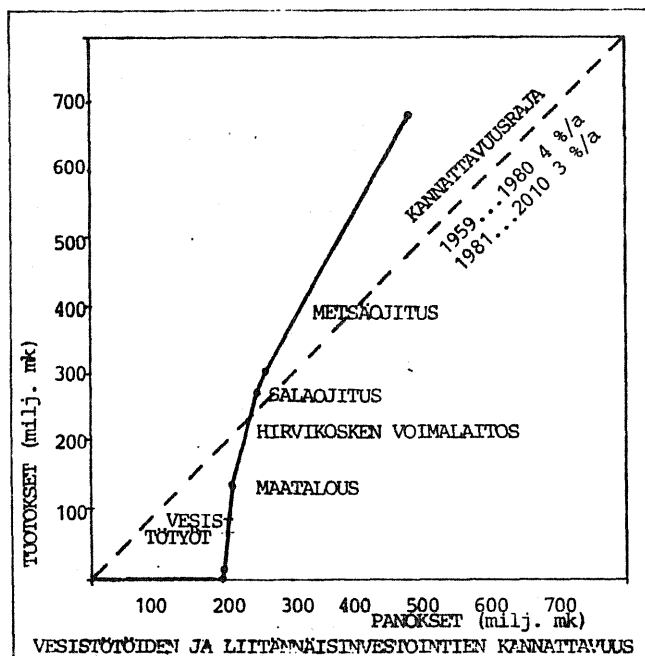
Vesistötyöt ovat edistäneet hyötyalueen peltojen salaojitusta turvaamalla riittävän peruskuivatuksen laajoilla peltoalueilla. Hyötyalueella tehtyjen salaojitusten nykyarvo on noin 12 milj. mk ja niillä aikaansaatu tuotosten nykyarvo 26 milj. mk (kuvan 2.1 pisteestä D pisteeseen E). Huomattavaa osaa näistä salaojituksista ei olisi voitu tehdä ilman vesistötöitä, joten näitä salaojituksia voidaan pitää vesistöiden liitännäisinvestointeina, jotka nostivat vesistöiden kokonaiskannattavuutta.

Vesistöalueella on kyetty ojittamaan varsin huomattavia metsäalueita tuottamatta haittaa maataloudelle, sillä tulvasuojelun mitoituksessa varauduttiin metsäojituksen aiheuttamiin virtaamalisäyksiin. Metsäojitusten nykyarvo on 53 milj. mk ja tuotosten nykyarvo 370 milj. mk. Tästä on kuitenkin tuotoksen talteenottamisessa tarvittavien lisäpanosten nykyarvo 160 milj. mk (kuvan 2.1 pisteestä E pisteeseen F). Huomattava osa metsäojituksista olisi todennäköisesti toteutettu myös ilman vesistötöitä, mutta tällöin ne olisivat ratkaisevasti lisänneet maatalouden tulvavahinkoja. Tämän vuoksi metsäojituksia on haluttu tarkastella vesistöihin liittyvinä liitännäisinvestointeina, jotka parantavat vesistöiden kokonaiskannattavuutta.

Kuva 2.1

Vesistöiden ja liitännäisinvestointien kannattavuus. Tulvasuojelusta koituneet hyödyt voimaloudessa ja maataloudessa eivät yksinään riittäneet peittämään vesistöiden kustannuksia $a \rightarrow b$ ja $b \rightarrow c$).

Kannattavuuden varmistamiseksi hankkeeseen liitettiin jo suunnitelmien varhaisessa vaiheessa Hirvikosken voimalaitos ($c \rightarrow d$). Vesistötyöt edistivät myös hyötyalueen peltojen salaojitusta ja mahdollistivat laajan metsäojitustoiminnan koko vesistöalueella aiheuttamatta haittaa maataloudelle. Nämä toimenpiteet lisäsivät vesistöiden kokonaistaloudellista kannattavuutta ($d \rightarrow e$ ja $e \rightarrow f$).



TAULUKKO 2.2 VESISTÖTÖIDEN JA LIITÄNNÄISINVESTOINTIEN PANOSTEN JA TUOTOSTEN NYKYARVOT milj. mk	INVESTOINTIPANOS	TUOTANNONLISÄPÄNOS	BRUTTITUOTOS	NETTITUOTOS		
VESISTÖTYÖ	195					
Maatalous		12	125	113		
Metsätalous						
Virkistyskäyttö						
Voimatalous	-	-	5	5		
HIRVIKOSKEN VOIMALAITOS	33	5	153	148		
SALAOJITUS	12		26	26		
METSÄOJITUS	53	160	370	210		
YHTEENSÄ	293	177	679	502		

Edullisuus. Markkamääräisten hyötyjen lisäksi vesistötyöt ja liitännäisinvestoinnit vaikuttavat rahassa vaikeasti mitattaviin arvotekijöihin. Näitä ovat mm.

- työllisyys
- kalatalous
- vesien virkistyskäyttö ja
- maisemakysymykset.

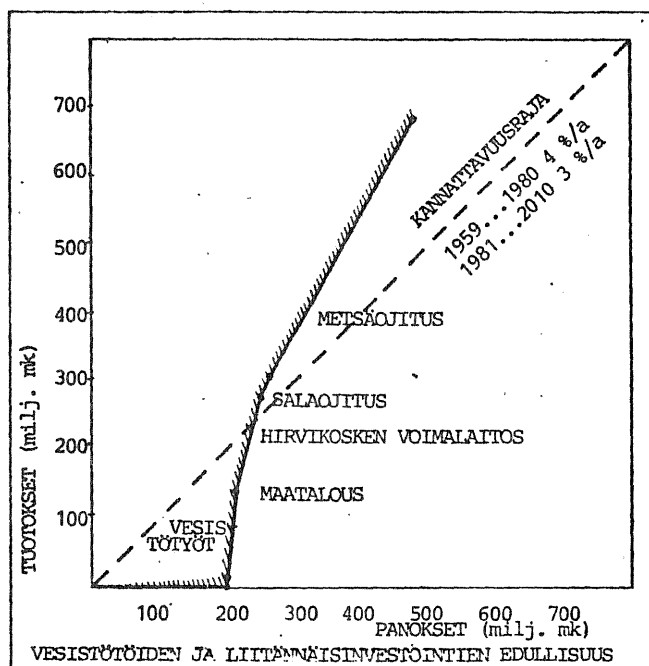
Selvästi edullisin vaikutus on vesistöiden ja liitännäisinvestointien aikaansaamalla lisätyöllisyydellä, sillä kohdekunnat ovat Ylihärmää lukuunottamatta alityöllisyysaluetta. Muualla Suomessa vesistötyöt vaikuttivat myönteisesti lisätyöllisyyteen vain laskusuhdannetilanteissa, jolloin on olemassa vapaata työvoimaa.

Lapuanjoen kalatalouden kannalta vesistöiden merkitys on kielteinen, sillä vaikka tekoaltaat ovat lisänneet kalan saaliita, ei kalaa voida käyttää ihmisravinnoksi liian korkean elohopeapitoisuuden vuoksi. Kalatalouden merkitystä arvioitaessa on muistettava, että Lapuanjoen kalatalouden kannalta ratkaisevaa on ollut jo vuonna 1926 jokisuuhun rakennettu Stadsforsin voimalaitos, joka katkaisi vaelluskalan nousun Lapuanjokeen.

Vesistöiden vaikutukset Lapuanjoen virkistyskäyttöön ovat myönteiset lähinnä uusien vesialueiden ansiosta, vaikka Hirvikosken voimalaitoksen vuorokausisäännöstely ja Nurmojoen vähävetinen uoma heikentävät ympäristön viihtyisyyttä.

Kokonaisuutena lienee arvotekijöiden vaikutus vesistöiden edullisuuteen positiivinen, sillä pitkäaikaisilla vesistöillä, liitännäisinvestoinneilla ja saavutetuilla lisätuotoksilla on varsin huomattava työllisyysvaikutus. Lisäksi kalatalouden kielteiset ja virkistyskäytön myönteiset vaikutukset kumoavat osaksi toisensa. Siten työllisyyden, kalatalouden ja virkistyskäytön yhteisvaikutuksen määrää ensisijaisesti lisätyöllisyyden arvostus (kuva 2.3).

Kuva 2.3
 Karkea arvio arvotekijöiden
 vaikutuksesta vesistötöiden
 edullisuuteen.



3. VESISTÖTÖIDEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Vesistötöiden taloudelliset vaikutukset muodostuvat panosten (rakennusinvestointien sekä käyttö- ja kunnossapitokustannusten) sekä vesistötöiden aikaansaamien lisätuotosten perusteella. Tuotantolisäyksiä vesistötyöt antavat maataloudelle, metsätaloudelle, voimaloudelle ja virkistyspalveluille.

Yleiskuvan saamiseksi on seuraavassa kuitenkin tarkasteltu ensin vesistöyöhankeiden lähtökohtia ja laajuutta (luku 3.1). Tämän jälkeen selvitetään yksilöidysti ne panokset (luku 3.2), jotka vesistöihin on uhrattu investointi- sekä käyttö- ja kunnossapitokustannuksina. Luvussa 3.3 esitellään ne tuotokset, jotka vesistötöiden ansiosta ovat syntyneet.

3.1 VESISTÖTÖIDEN LÄHTÖKOHDAT JA LAAJUUS

Vesistötöiden lähtökohtana on ollut maatalouden suojeleminen tulvilta. Lapuanjoen vesistölle on luonteenomaista keskiosan noin 50 km pitkä suvanto, jossa putousta on vain 8 cm/km, jokitörmien heikko kantavuus ja toisaalta vesistön latvaosien runsas putous. Kun tulva-alueen poisto ei saa lisätä tulvaa muualla vesistöissä, tuli ratkaisuksi perkauksiin, pengerryksiin ja vesistön säännöstelyyn perustuva ratkaisu. Kevättulvat torjutaan tekoaltaiden, perkausten ja pengerrysten avulla sekä säännöstelemällä luonnonjärviä. Vaikeasti ennakoitavat kesätulvat on otettu huomioon perkausten ja penkereiden mitoituksessa. Tällöin tekoaltaiden vedenkorkeus voidaan pitää kesällä lähellä ylärajaa, jolloin ne palvelevat parhaiten virkistyskäyttöä. Voimatalous hyötyy altaista lähinnä talvella, jolloin myös saatavan energian arvo on korkein.

Lapuanjoen vesistötyöt on tehty vuosina 1959...1979. Näiden töiden yhteydessä tulvat on saatu poistetuksi yhteensä 6755 ha alueelta, josta peltoa on 5865 ha. Vesistöön on rakennettu kaksi tekoallasta, joiden säännöstelytilavuus on yhteensä 50 milj. m³. Lisäksi säännöstelyyn käytettävien luonnonjärvien säännöstelytilavuus on lähes yhtä suuri. Rakennettujen penkereiden yhteenlaskettu pituus on 40 km ja jokiuomia on perattu lähes 60 km. Valtaajia on kaivettu yhteensä 177 km ja vesimaiseman kohentamiseksi on Nurmonjokeen rakennettu 20 pohjapatoa.

Vesistötöiden yhteydessä on tekoaltaiden, täyttöumien ym. rakenteiden alle jäänyt noin 170 ha peltomaata ja lähes 2000 ha metsämaata, josta kasvullista on hieman yli puolet. Lisäksi eriaisteisista vettymishaitoista kärsii 250 ha peltoa ja noin 500 ha metsää. Näistä vahingoista syntyvät tuoton menetykset sisältyvät vesistötöiden kustannuksiin korvauksina.

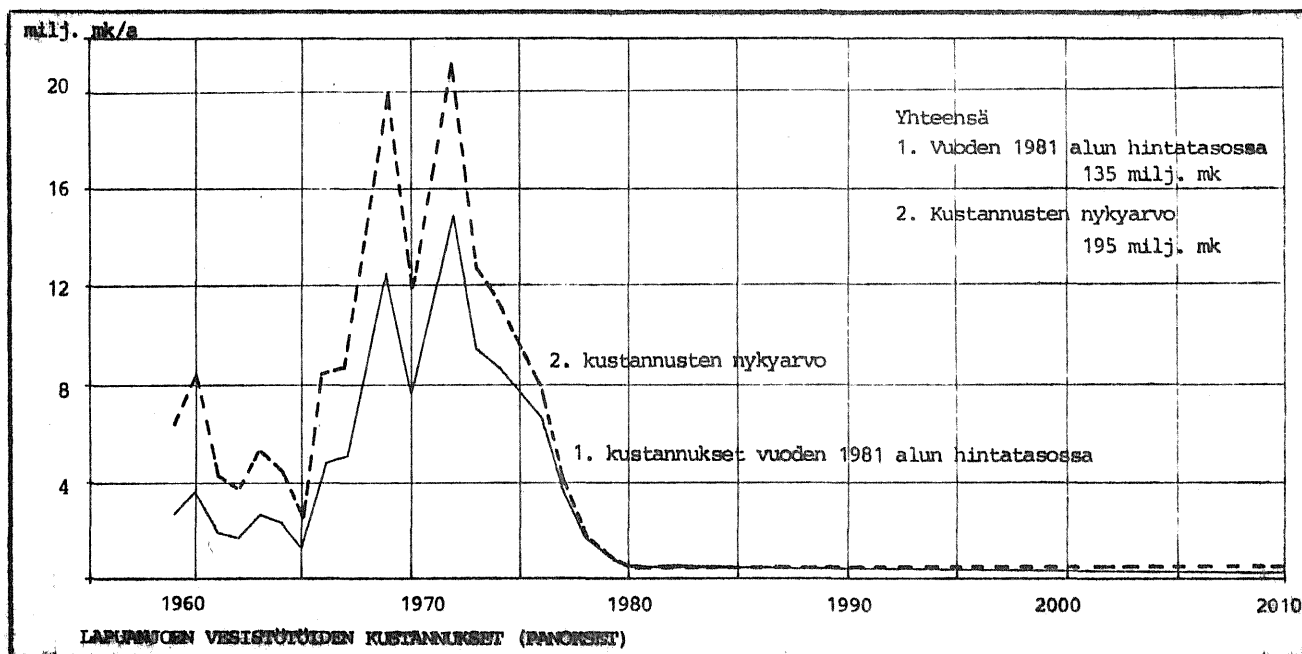
Vesistötöiden yhteydessä on siirretty huomattavia määriä perkaus- ja pengerryksissä lähes 3 milj. m³ ja allastöissä noin 1 milj. m³. Lisäksi kalliota on louhittu yhteensä 0,1 milj. m³.

3.2 VESISTÖTÖIDEN PANOSTEN VAIKUTUKSET

3.2.1 Vesistötöiden kustannukset

I n v e s t o i n t i k u s t a n n u k s e t . Lapuanjoen vesistöyöinvestoinnit ovat lähes 120 milj. mk vuoden 1981 alun hintatasossa. Tämä rahamäärä kuvaa sitä maanrakennussuoritetta, jota Lapuanjoen vesistötyöt edustavat. Se ei kuitenkaan kuvaa oikein niitä panoksia, joita vesistötyöt ovat vaatineet, sillä vesistötöiden toteuttamisaika on ollut noin 20 vuotta ja tänä aikana on tapahtunut

huomattavaa tuottavuuskehitystä. Mikäli kustannukset nykyarvotetaan työn tuottavuuskehitystä vastaavalla korolla (4 %), saadaan oikea kuva vesistötöiden vaatimista reaalipanoksista. Samalla vesistötöiden työllisyysvaikutusten laskeminen helpottuu, sillä työ-kustannukset osoittavat sellaisenaan eri vuosina käytetyn työpanoksen (kuva 3.1).



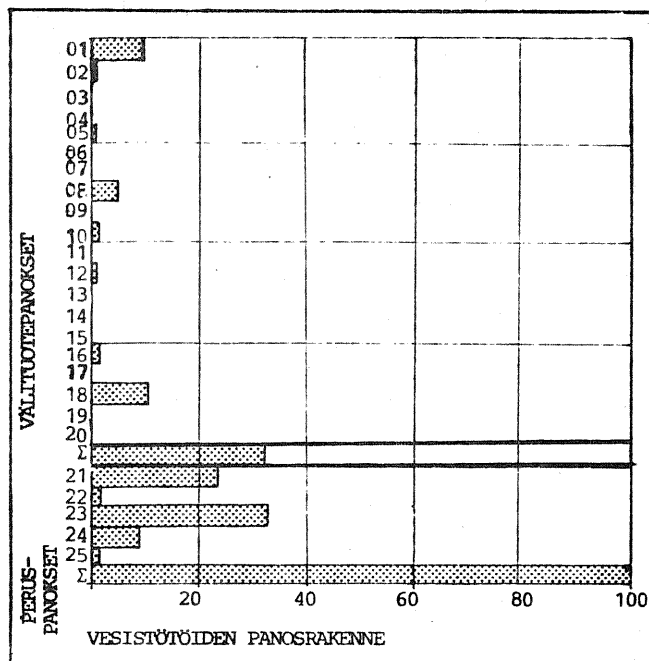
Kuva 3.1 Lapuanjoen vesistötöiden kustannukset vuosina 1959...2010. Kuvassa on esitetty vesistötöiden vuotuiset kustannukset vuoden 1981 alun hintatasossa sekä niiden nykyarvo työn tuottavuuskehityksen mukaisella korolla laskettuna (vuosina 1959...1981 4 %/a ja vuosina 1982...2010 3 %/a). Vuoden 1981 alun hintatason mukaiset kustannukset kuvaavat maa- ja vesirakentamisen suoritetta. Kustannusten nykyarvo (käyrä 2) kuvaa vesistötöihin uhrattujen panosten määrää eri vuosina.

Investointikustannuksista oli talousalueelta hankittujen rakennustarvikkeiden ja palvelusten osuus runsaat 30 %, talousalueen ulkopuolelta hankittujen tarvikkeiden osuus runsaat 40 % ja loput lähes 30 % muodostui palkkakustannuksista sekä maa- ja vesirakennusyrityksille jäävästä toimintaylijäämästä (kuva 3.2).

Kuva 3.2

Lapuanjoen vesistötyöinvestointien panosrakenne.

- 01. Maa- ja metsätalous
- 02. Kaivannaistoiminta
- 03. Elintarvikkeiden valm.
- 04. Tekstiilien valm.
- 05. Puutavaran valmistus
- 06. Graafinen tuotanto
- 07. Kemiall. tuotteiden valm.
- 08. Savi-, lasi- & kivituo.
- 09. Metallien valmistus
- 10. Metalli- ja konepajat. v.
- 11. Muu valmistus
- 12. Sähkö- ja lämpöhuolto
- 13. Vesihuolto
- 14. Talonrakennustoiminta
- 15. Maa- & vesirakennustoim.
- 16. Tukku- & vähittäiskauppa
- 17. Ravitsemus ja majoitus
- 18. Liikenne ja rahoitus
- 19. Asuntojen omistus
- 20. Palvelut
- * 01-20 yhteensä
- 21. Palkat
- 22. Toim. ylij. & välill. verot
- 23. Tuonti muualta Suomesta
- 24. Kansallinen tuonti
- 25. Mark. hyöt.verot
- ** yhteensä



Käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Maarakenteiden kunnossapitotarve on vähäinen ja rakenteet ovat pitkäikäisiä. Käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat vain 0,5 milj. mk vuodessa, ja niiden nykyarvo vuoteen 2010 asti laskettuna 11 milj. mk. Pääosa altaiden, perkausten ja pengerrysten kunnossapitokustannuksista kohdistuu pengerryspumppaamoihin.

Vesistötöiden panokset yhteensä ovat noin 195 milj. mk, josta investointikustannusten osuus on 95 % ja käyttö- ja kunnossapitokustannusten osuus 5 %.

3.2.2 Vesistötöiden taloudelliset vaikutukset

Vesistötöiden taloudelliset vaikutukset jakaantuvat tuotantovaikutuksiin, panosvaikutuksiin ja kulutuksen kerrannaisvaikutuksiin.

Tuotantovaikutukset. Vesistötöiden ansiosta syntyy maa-, metsä- ja voimataloudessa sekä virkistyskäytössä lisätuotoksia, joiden arvo on yhtä suuri tai suurempi kuin vesistötöiden kustannukset, mikäli vesistötyöt ovat kannattavia. Nämä lisätuotokset ovat perussyys vesistötöiden tekemiselle. Lisätuotosten taloudellista merkitystä tarkastellaan luvussa 3.3.

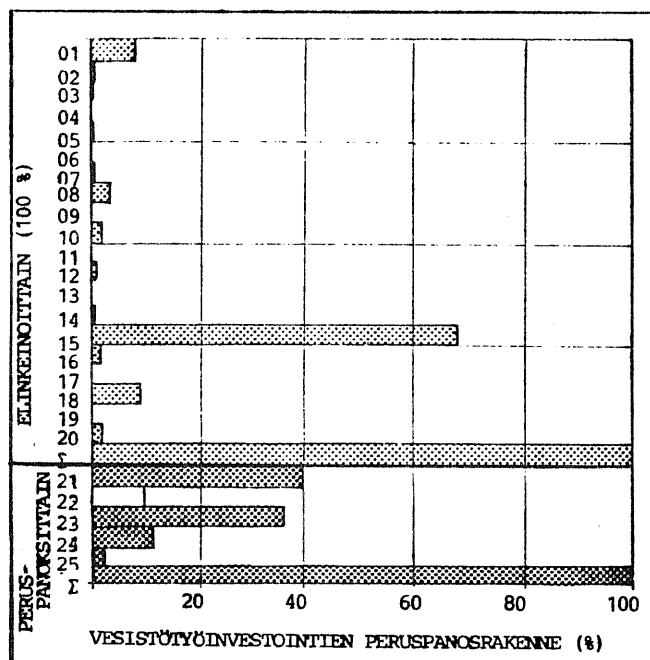
Panosten vaikutukset. Vesistötöiden tekeminen edellyttää tuotantotoimintaa talousalueella, muualla Suomessa ja hankittujen tuotantotarvikkeiden osalta ulkomailta. Tämän tuotantotapahtuman kustannukset syntyvät perimmiltään tuotantoketjun eri vaiheissa peruspanoksille maksetuista korvauksista. Panostuotosten menetelmällä on mahdollista selvittää rakennusaineisiin ja tarvikkeisiin sisältyvien peruspanosten määrä elinkeinoittain (kuva 3.3).

Vesistötyöinvestoinneista on työkustannusten osuutta kaikkiaan 40 %, toimintaylijäämän runsaat 10 %, tuonnin muualta Suomesta noin 35 % ja tuonnin ulkomailta 10 %. Toimintaylijäämän osuus on kuvassa liian pieni, koska vesihallitus ei ilmeisesti ole sisällyttänyt koneidensa poistoa vesistötöiden kustannuksiin. Elinkeinoista maa- ja vesirakennustoiminnan (rivi 15) peruspanosten osuus on selvästi suurin eli noin 70 % kokonaiskustannuksista. Vesistötöiden kotimaisuusaste talousalueen tasolla oli 55 % ja kansantalouden tasolla noin 85 %, sillä tuontia ulkomailta oli kuvan osoittaman tuonnin (rivi 24) lisäksi noin 5 %-yksikköä kohdassa tuonti muualta Suomesta (rivi 23).

Kuva 3.3

Lapuanjoen vesistötöiden peruspanosrakenne elinkeinoittain (1...20) ja peruspanoksittain (21...25).

Huom. Toimialojen 1...20 ja peruspanosten 21...25 selitykset kuvassa 3.5.



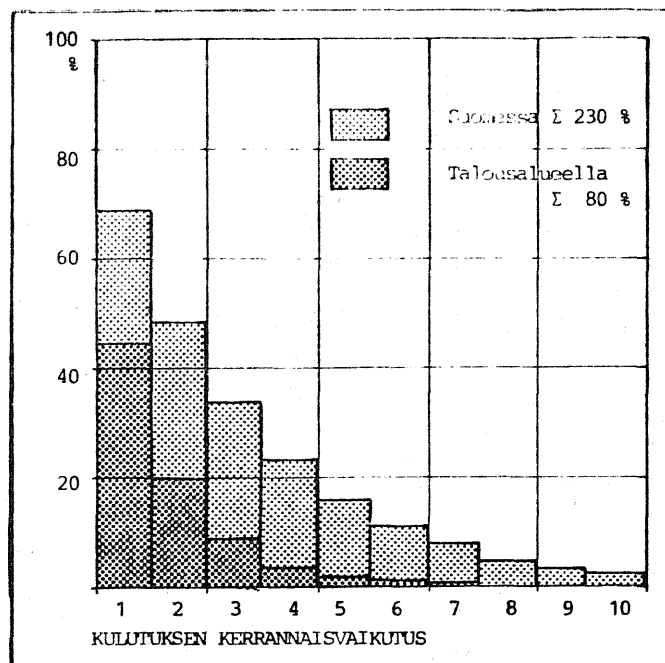
Edellä kuvatun peruspanosrakenteen avulla voidaan arvioida vesistötöiden työllisyysvaikutusta kansantalouden ja aluetalouden tasolla. Vesistötöiden työllisyysvaikutus oli yhteensä kansantaloudessa lähes 2000 työvuotta ja talousalueella noin 1100 työvuotta, joka jakaantui pääosin vuosille 1959...1978.

Koska tarkasteltava talousalue on alityöllisyysaluetta pienensi tämä lisätyöllisyys talousalueen työttömyyttä. Koska vesistöistä osa tehtiin korkeasuhtamustilanteessa, ei vesistötöiden työllisyysvaikutus merkinnyt kokonaisuudessaan lisätyöllisyyttä, sillä vesistö-
rakentamiseen käytetty työpanos olisi voitu käyttää muutenkin.

Kulutuksen kerrannaisvaikutus. Vesistö-
rakentaminen synnyttää tuotannon laajentumisvaikutuksen kulutuksen kerrannaisvaikutuksen ansiosta. Laajentumisvaikutuksen suuruus määräytyy vesistö-
rakentamisen sekä kulutuksen ja investointien keskimääräisen kotimaisuusasteen perusteella (kuva 3.4). Kulutuksen kerrannaisvaikutus johtuu siitä, että rakentamisprosessin eri vaiheissa työntekijät saavat palkkoja ja yritysten toimintaylijäämä lisääntyy. Verotuksen kautta myös valtion ja kuntien tulot kasvavat. Nämä lisätulot käytetään kulutus- ja investointihyödykkeisiin, jotka tehdään talousalueella, muualla Suomessa tai ulkomailta.

Lisäkulutus ja lisäinvestoinnit kasvattavat siten tuotantotoimintaa, mikä taas lisää tuloja, jotka edelleen käytetään kulutukseen ja investointeihin. Tämä kulutuksen kerrannaisvaikutus suppenee, koska joka kierroksella osa maksuvälineistä siirtyy Suomen ja tarkasteltavan talousalueen ulkopuolelle tuontihyödykkeitä hankittaessa. Siten mitä suurempi on panosten kotimaisuusaste, sitä suurempi on kulutuksen kerrannaisvaikutus (kuva 3.4). Toisaalta korkeasuhdannetilanteessa, jossa kaikki tuotantopanokset ovat jo käytössä, ei tällainen kulutuksen kerrannaisvaikutus voi lisätä tuotantoa, vaan pikemmin inflaatiota.

Kuva 3.4
Keskimääräinen kulutuksen ja investointien kerrannaisvaikutus Suomessa ja talousalueella laskusuhdannetilanteessa. Täystyöllisyystilanteesta tätä kerrannaisvaikutusta ei synny.



Kansantalouden tasolla vesistörakentamisen kotimaisuusaste on noin 85 %, joten laajentumisvaikutus on luokkaa 280 % ($85/70 \times 230 = 280$). Toisaalta vesistötöiden maksaminen aiheuttaa tuotannon supistusvaikutuksen. Tätä supistusvaikutusta voidaan kuitenkin siirtää tai tasoittaa ajallisesti lainoituksella. Koska vesistötyö rahoitettiin valtion toimesta, voidaan tuotannon supistusvaikutuksen väittää vastaavan keskimääräistä supistusvaikutusta kansantaloudessa. Toisin sanoen vesistörakentamisen rahoittaminen (100 %) supisti Suomen kansantalouden taloudellista toimintaa kerrannaisvaikutusilmion johdosta 230 % (vrt. kuva 3.4). Koska vesistörakentamisen kotimaisuusaste on keskimääräistä kulutuksen ja investointitoiminnan kotimaisuusastetta parempi, on myös vesistörakentamisen kerrannaisvaikutus arviolta 50 %-yksikköä parempi.

Talousalueella tuotannon kerrannaisvaikutus lisää talousalueen tuotantovolyyymiä 100 %:lla ($55/45 \times 80 = 100$). Supistusvaikutusta ei talousalueella synny, koska vesistörakentaminen rahoitetaan valtion toimesta.

Kulutuksen kerrannaisvaikutuksen laskeminen. Mikäli kansantalouden tulot lisääntyvät 100 rahalla, käytetään tämä rahamäärä kulutukseen ja investointeihin, joiden kotimaisuusaste kansantalouden tasolla on keskimäärin 70 % (vrt. huoltotase). Tämä merkitsee sitä, että 100:sta rahasta 70 rahaa voidaan edelleen käyttää kulutukseen ja investointeihin. Syntyy ns. kulutuksen kerrannaisvaikutus, joka on geometrisen sarjan muotoa: $100 \times 0,7 + 100 \times 0,7^2 + 100 \times 0,7^3 + \dots$ ja jonka summa (S) saadaan kaavasta: $S = \frac{a}{1-t}$, jossa a on ensimmäinen termi (70) ja t jälkimmäisen termin suhde edelliseen (0,7).

3.3 VESISTÖTÖIDEN TUOTOKSET

Vesistötöiden tuotokset jakaantuvat hyötyihin ja haittoihin maa- ja metsätalouden, voimatalouden ja virkistyspalvelujen piirissä.

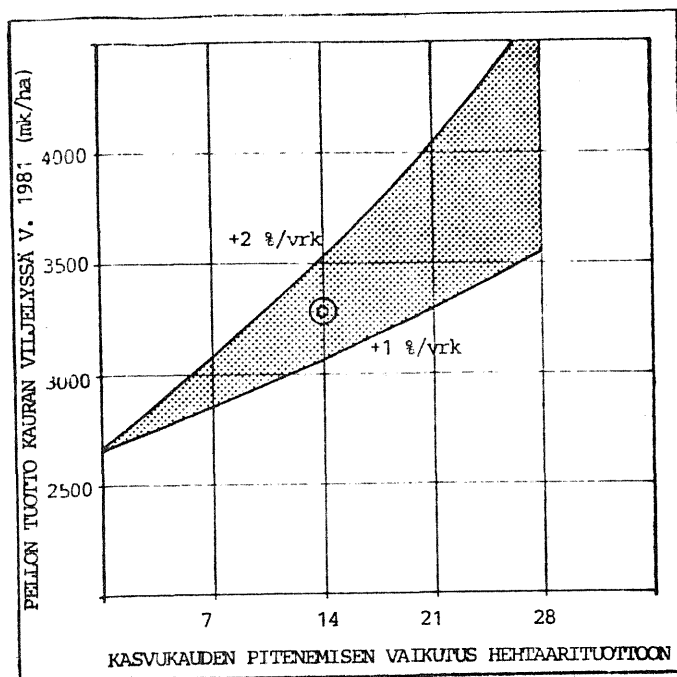
Pääosa vesistötöiden tuotoksesta muodostuu maatalouden hyödyistä, joten niitä käsitellään tässä yhteydessä tarkemmin. Metsätalouden hyödyt ovat hieman pienemmät kuin vesistötöistä johtuvat tuoton menetykset. Talousalueen voimataloudelle ei pelkistä vesistötöistä syntynyt mitään hyötyä ilman liitännäisinvestointeja. Sen sijaan talousalueen ulkopuolella oleva Stadsforsin voimalaitos hyötyi vesistön säännöstelystä.

3.3.1 Maatalous

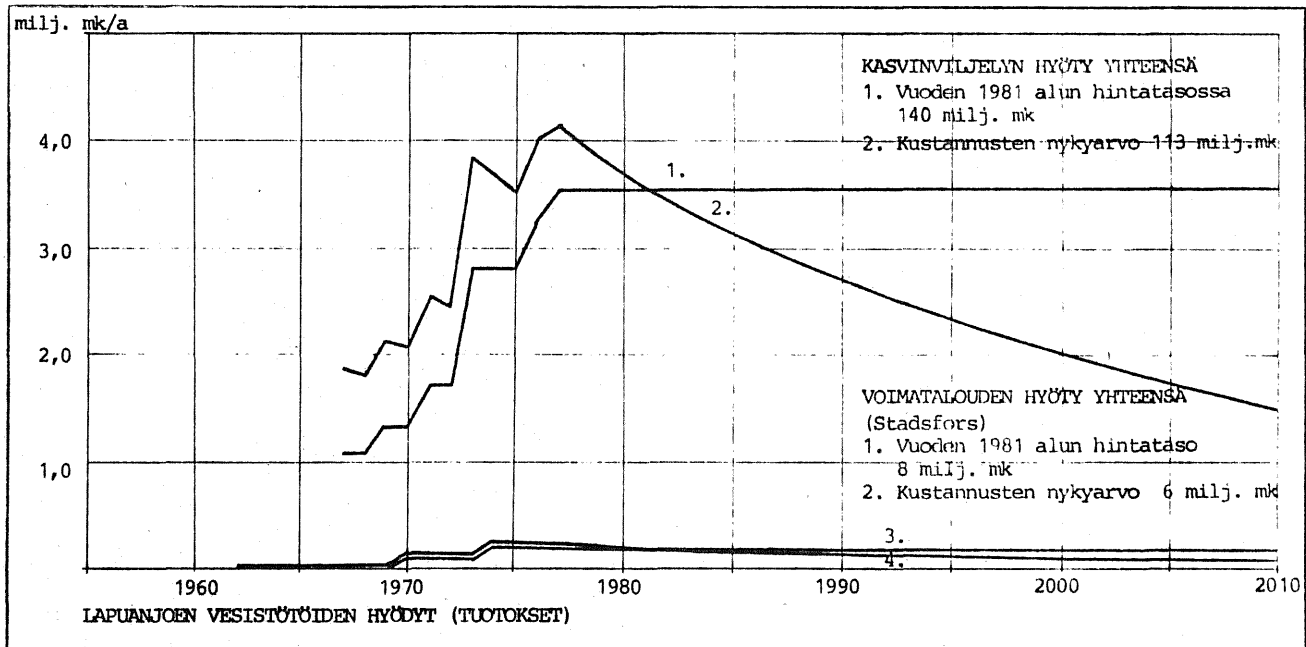
M a a t a l o u d e n l a a j u u s . Talousalueen maatalouden käytössä on noin 43 000 ha peltoa, josta vesistötöiden avulla poistetuilla tulva-alueilla oli noin 5900 ha. Samalla tulvat poistuivat myös lähes 900 ha:n metsäalueelta.

H y ö d y t . Tulvan poistuminen pellolta lisää satoa kasvilajista riippuen noin 25 % (kuva 3.5). Satolisäys aiheutuu mm. siitä, että kevättulvat torjumalla saadaan pellot muokkauskuntoon huomattavasti aikaisemmin (tutkimusten mukaan keskimäärin 2 viikkoa) jolloin kasvukausi pitenee. Lisäksi kesä- ja syystulvien torjuminen turvaa sadon häiriöttömän kasvun ja korjuun. Käytännössä tulvasuojelun on todettu johtavan myös viljelyn tehostumiseen ja satoisampien lajikkeiden käyttöön.

Kuva 3.5
Vesistötöiden hyötyalueen hehtaarisato oli ennen vesistötöitä arviolta 2700 mk/ha vuoden 1981 hintatasossa. Vesistötöiden vaikutuksesta hyötyalueen kevättulvat poistuivat ja siten kasvukausi piteni keskimäärin 2 viikkoa /1,2/ (vaihtelut muutamsta vuorokaudesta kuukauteen). Kasvukauden piteneminen lisäsi hehtaarisatoa lähes 25 %:lla, mikäli sadon lisäyksenä käytetään 1,5 %/vrk. Lisäksi vesistötyöt torjuivat suoranaisia vahinkoja aiheuttavat kesä- ja syystulvat.



Vesistötöiden ansiosta paranee tulvilta suojattujen peltojen sato noin 25 % eli noin 3,9 milj. mk/a. Tuottojen arvo vuoden 1981 alun hintatasossa on 140 milj. mk. Mikäli kustannukset nykyarvotetaan vuosilta 1968...1981 4 %:n korkokannalla ja vuosien 1982...2010 tuotto 3 %:n korkokannalla, on kustannusten nykyarvo 113 milj. mk.



Kuva 3.6 Lapuanjoen vesistötöiden hyödyt vuosina 1965...2010. Tuotoksista on esitetty kasvinviljelyn ja voimatalouden hyödyt vuoden 1981 alun hintatasossa sekä niiden nykyarvot. Kasvinviljelyn lisätuotos on esitetty toimintaylijäämän lisäyksenä, jolloin se ei sisällä mitään lisäpanoksia. Voimatalouden lisätuotos muodostuu Lapuanjoen suussa olevan Stadsforsin voimalaitoksen saamasta säännöstelyhyödyistä, joka ei myöskään sisällä mitään lisäpanoksia.

Maataloushyöty on lähes puhdasta toimintaylijäämää (noin 90 %) sillä lisäsadon hyödyntämiseksi tarvittavat panokset ovat lähinnä marginaalisia.

Lisäsadon käyttö. Vesistötöiden ansiosta syntyneestä lisäsadosta käytetään karjataloudessa 2/3 -osaa ja loput myydään sellaisenaan lähinnä talousalueen ulkopuolelle. Rehuksi mennyt lisäsato lisää karjatalouden tuotantoa noin 2,5 milj. mk/a.

Maataloushyödyt on laskettu Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskuksen katetuottolaskelmien ja maataloushyötykyselyn satoerojen perusteella. Katetuoton muutoksena maataloushyöty ei poikkea paljon Raution vuonna 1981 esittämästä markkamääräisestä hyödystä. Laskelman etuna ovat kuitenkin selkeät muutokset panosrakenteessa.

Maataloushyödyn taloudelliset vaikutukset. Lisätuotos parantaa huomattavasti talousalueen kasvinviljelyn kannattavuutta, koska lisätuotos syntyy hyvin vähäisin ponnistuksin. Tähän on syynä se, että valtio maksaa tulvasuojelun, jolloin maanviljelijöiden maksettavaksi jää vain pengerrystöiden pumppauskustannukset ja lisäsadon hyödyntämisen vaatimat panokset.

Kansantalouden tasolla lisätuotanto ei kuitenkaan lisää elintarviketeollisuuden tuotantoa, sillä lisäsato korvaa lähinnä rehuviljan tuontia ulkomailta.

Maataloudelle kasvinviljelyn ja karjatalouden lisätulot merkitsevät arviolta 50 ns. marginaalityöpaikkaa, koska maatalouden harjoittaminen on tullut hyötyalueella entistä kannattavammaksi.

3.3.2 Voimatalous

Vesistötyöt tuottavat Uudenkaarlepyyn Stadsforsin voimalaitokselle säännöstelyhyötyä, sillä kevään ylivirtaamat varastoidaan tekoaltaisiin ja juoksutus siirtyy ajankohtaan, jolloin myös mainittu voimalaitos voi käyttää veden hyväkseen. Säännöstelytilavuuden perustella laskettu hyöty on lähes 1 milj. kWh/a eli nykyhinnoilla noin 200 000 mk/a. Hyötyjen nykyarvoksi on arvioitu vuoden 1981 alun hintatasossa noin 6 milj. mk. Tämä hyöty tulee Uudenkaarlepyyn kaupungin voimalaitokselle tai sen kuluttajille hinnan alennusten muodossa.

Vesistöiden vaikutuspiirissä ei talousalueella ollut voimalaitoksia, joten talousalueen kannalta vesistöistä ei ollut voimataloudellista hyötyä.

3.3.3 Virkistyspalvelut

Hyödyt. Lapuanjoen vesistöiden yhteydessä rakennettiin kaksi tekoallasta, jolloin saatiin 20,7 km² uutta vesialuetta ja 18 km kovaa rantaa. Tekoaltaat luovat uusia virkistysmahdollisuuksia seudulle, jolla järviä on vähän. Rannoilla on tällä hetkellä uimaranta, retkeilyalue, leirintäalue, venesatama sekä kesämökkejä. Pohjapadoilla kohennettiin jokisuvantojen vesimaisemaa ja parannettiin niiden virkistyskäyttökelpoisuutta.

Ilman liitännäisinvestointeja virkistyskäytön hyödyt muodostuvat rantamaiden arvon noususta sekä uinnin, kalastuksen ja linnustuksen arvoista. Elokuksena viikonloppuna 1980 tehdyn laskennan aikana Hirvijärvellä kävi lähes 800 uijaa /3/. Uimarien paljous selittynee Seinäjoen kaupungin läheisyydellä. Vuonna 1979 tekojärville myytiin yhteensä 900 kalastus- ja 950 linnustuslupaa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että tekoaltaiden virkistyskäyttöön liittyy merkittäviä arvoja. Näin siitä huolimatta, että virkistyskalastus on romahtanut, kun kaloissa todettiin lääkinthallituksen

normit ylittäviä elohopeapitoisuuksia vuonna 1980 ja kalat asetettiin myyntikieltoon. Vuoden 1979 saaliin arvoksi Hirvijärven-Varpulan kalastushoitoyhtymä ilmoitti runsaat 200 000 mk /4/. Tekoaltaista pyydettyjä kaloja meni sekä 1960- että 1970-luvuilla myös myyntiin.

H a i t a t . Virkistyskäyttöä haittaavat mm. Hirvikosken voimalaitoksen vuorokausisäännöstely, kalojen elohopeakertymä sekä Hirvijärven täyttöuoman ja tyhjennystunnelin välisen jokiosan vähävetisyys. Vuorokausisäännöstely saa aikaan pahimmillaan 1,2 m:n vedenkorkeusvaihtelut alapuolisessa Nurmonjoessa. Alkuperäiseen vesistötaloussuunnitelmaan kuuluva Hipin allas, jonka rakennuslupa on parhaillaan vesioikeuskäsittelyssä, lieventää vuorokausisäännöstelyn haittoja ratkaisevasti.

Allaskalojen elohopeapitoisuus tuskin on pysyvä ilmiö, mutta voimakkaasti säännöstellyissä altaissa pitoisuudet alenevat hitaasti. Tekoaltaiden kalataloudellista kehittämistä tutkitaan parhaillaan ja on ehkä mahdollista elvyttää virkistyskalastus riittävän usein tapahtuvilla kalaistutuksilla. Elohopeapitoisuusongelma ei rajoitu yksin tekoaltaisiin, sillä esimerkiksi keväisten happikatojen aikana kaloja saattaa paeta täyttöuomien kautta myös yläpuolisiin vesiin.

Vähävetiselle jokiosalle juoksutetaan kesällä 100 l/s ja muulloin vain 30 l/s, kun luonnontilainen kuukausikeskivirtaama esimerkiksi elokuussa on 3,7 m³/s ja helmi-maaliskuussa 2,7 m³/s (vuosien 1933...1966 keskiarvot). Jokiosasta 8 km on suvantoja, joiden vesimaisema on voitu korjata pohjapadoin, mutta yhteensä 6 km:n koskiosuuksia uhkaa umpeenkasvu. Lisäongelmana on veden laatu, joka on pienen juoksutuksen ja suuren hajakuormituksen vuoksi huono.

4. HIRVIKOSKEN VOIMALAITOS

4.1 PANOKSET

Lapuanjoen vesistötöihin liittyvistä liittäisinvestoinneista huomattavin oli Hirvikosken voimalaitoksen rakentaminen. Voimalaitos on rakennettu Hirvijärven 5 km pitkään tyhjennystunneliin, jossa on putouskorkeutta noin 50 m. Voimalaitoksen rakennusaste on 4 ja teho 8,3 MW. Keskivesivuoden energia on 18 Wh.

Investointikustannukset. Valtion ja voimayhtiön välinen sopimus solmittiin 1960-luvun lopussa. Sen mukaan voimayhtiö maksaa valtiolle ne lisäkustannukset, jotka voimalaitoksen rakentaminen aiheuttaa Hirvijärven tekoaltaan purkujärjestelyille.

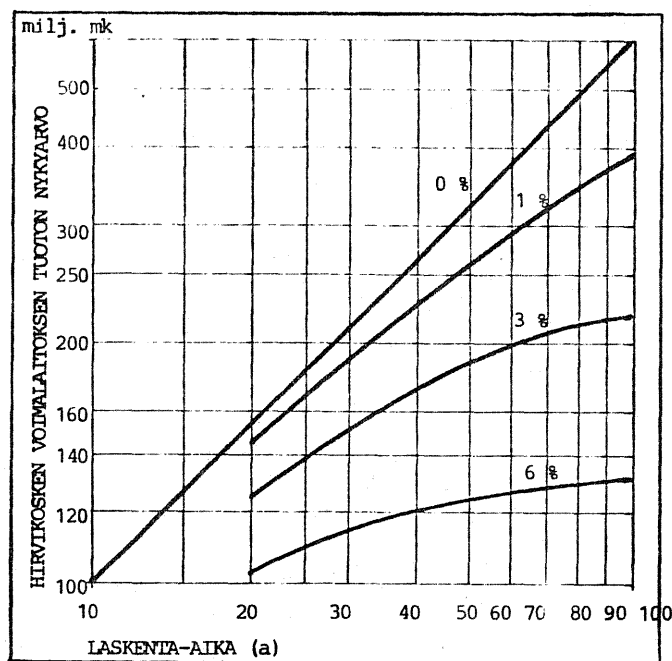
Hirvikosken voimalaitos rakennettiin vuonna 1972...1973. Kustannukset olivat tällöin 8,23 milj. mk eli vuoden 1981 alun hintatasossa 19.9 milj. mk. Kun investoinneille lasketaan 4 %:n korko, saadaan lopullisiksi panoksiksi 28,3 milj. mk. Siten voimalaitos vastaisi tämänhetkistä 14 milj. mk:n investointia kahtena vuotena. Lähinnä edullisesta rakentamisajankohdasta ja suuresta putouskorkeudesta johtuen ovat tehon yksikkökustannukset jääneet alhaisiksi: vain 2400 mk/kW vuoden 1981 alun hintatasossa. Tällä hetkellä uuden vesivoimatehon rakentaminen maksaa jo noin 6000 mk/kW /5/. On kuitenkin syytä muistaa, että Hirvikosken voimalaitokselle ei ole kohdistettu lainkaan säännöstelyaltaiden kustannuksia. Voimalaitoksen rakentaminen onkin ollut mahdollista vain valtion vesistötöihin liittyvänä investointina.

Käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Nykyaikaisen vesivoimalaitoksen käyttö- ja kunnossapitokustannukset ovat noin 1 p/kWh /5/. Laskemalla menneisyyden kustannukset toteutuneiden tuottojen ja tulevaisuuden kustannukset keskivesivuoden perusteella, saadaan kunnossapitokustannusten nykyarvoksi 5 milj. mk.

Hirvikosken voimalaitoksen panokset yhteensä. Investoinnin ja käytön ja kunnossapidon panokset ovat yhteensä 33 milj. mk.

4.2 VOIMALAITOKSEN TUOTOKSET

Hirvikosken voimalaitoksen vuotuinen tuotto on vaihdellut 8,8 GWh:sta 30,5 GWh:iin. Keskimääräinen tuotto vuosina 1974...1981 on ollut 17,4 GWh eli hieman alle arvioidun keskivesivuoden tuoton (18 GWh), mutta käyttöaikakin on vasta kolmannes hydrologisesti mielekkäästä 20 vuoden jaksosta. Energian yksikköhinta on korkea, sillä korkearakennusasteisella voimalaitoksella leikataan tehohuippuja. Lapuan Sähkö Oy:n laskelman mukaan tuotetun vesivoimasähkön arvo on 31 p/kWh eli keskivesivuonna 5,6 milj. mk. Tuottojen nykyarvo on laskettu menneisyydessä toteutuneiden tuottojen ja tulevaisuudessa keskivesivuoden tuoton perusteella. Kun laskenta-kausi ulotetaan vuoteen 2010, saadaan voimalaitoksen käyttöajaksi 36 vuotta ja tuottojen nykyarvoksi 153 milj. mk (korkokanta 1974...1980 4 % ja 1981...2010 3 %). Tuottojen nykyarvoon vaikuttaa vaadittava korko, käyttöajan pituus sekä mahdolliset arvomuutokset (kuva 4.1).



Kuva 4.1 Laskenta-ajan ja koron vaikutus Hirvikosken voimalaitoksen tuottojen nykyarvoon. Voimalaitos tuotti vuosina 1974...1981 44 milj. mk. Tulevan tuoton nykyarvo (109 milj. mk) on laskettu 30 vuoden ajalta 3 %:n korkokannalla.

Hirvikosken voimalaitoksen käyttöaikana ei sähkön hinnassa ole tapahtunut oleellisia muutoksia. Tämän vuoksi menneisyyden tuotot on arvioitu käyttäen yksikköhintana 31 p/kWh. Sen sijaan tulevaisuudessa vesivoimasähkön hintakehitys voidaan ennakoida nousevaksi. Mikäli hinnannousu on 2 %/a ja vaadittava korko 3 %, tulee tuottojen nykyarvoksi 186 milj. mk, kun laitos on käytössä 36 vuotta ja 50 vuoden käyttöajalla jo 240 milj. mk. Käyttöajan pidentäminen Sähköntuottajien yhteistyövaltuuskunnan suosittelemaan 50 vuoteen /5/ kohottaisi voimalaitoksen tuoton 175 milj. mk:aan, kun korko on 3 %. Toisaalta laskeminen 6 %:n korkokannalla antaa tuottojen nykyarvoksi 116 milj. mk (käyttöaika 36 a) tai 125 milj. mk (käyttöaika 50 a). Myös pienin edellä esitetyistä tuotoista riittää turvaamaan Lapuanjoen vesistötöiden kansantaloudellisen kannattavuuden, vaikka mukaan otettaisiin vain varsinaisen vesistötyön ja Hirvikosken voimalaitoksen aikaansaamat hyödyt.

Nykyaikaisen vesivoimalaitoksen käyttökustannukset ovat noin 1 p/kWh. Siten edellä esitetyissä tuotoksissa on mukana eri toimialojen panoksia yhteensä noin 3 %.

4.3 HIRVIKOSKEN VOIMALAITOKSEN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

Hirvikosken voimalaitoksen tuotosta hyötyvät sekä osakkeenomistajat että kuluttajat. Tuoton välittömät vaikutukset ovat pienet, mutta välilliset vaikutukset voivat olla huomattavat, sillä yhtiö siirtää pääosan tuotostaan kuluttajille alentuneina tariffeina. Lapuan Sähkö Oy:n tariffit ovatkin selvästi eri sähkölaitosten vastaavia keskihintoja alhaisemmat ja yhtiö kuuluukin Suomen Sähkölaitosyhdistys ry:n tilastojen perusteella kuluttajan kannalta edullisimpiin sähkölaitoksiin Suomessa /6/.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltavan talousalueen lisäksi yhtiön jakelualueeseen kuuluvat Alahärmän ja Kuortaneen kunnat, jotka saavat vajaan 30 % kuluttajille jaetusta hyödystä. Periaatteessa sähkön hinnan alentaminen johtaa kulutuksen ja investointien lisääntymiseen, mutta näitä vaikutuksia ei tässä yhteydessä analysoida.

Kansantalouden tasolla Hirvikosken voimalaitos korvaa tuontia siltä osin kuin valtakunnan vesivoimalaitosten teho ei riitä leikkaamaan tehohuippua, vaan se joudutaan tuottamaan öljyä käyttävillä lauhdutusvoimalaitoksilla.

Hirvikosken voimalaitoksella ei ole valtakunnallista energiataloudellista merkitystä. Sen sijaan alueelliselle voimayhtiölle merkitys tehohuippujen leikkaajana on huomattava. Vesivoimalla tuotetun sähkön osuus koko kulutuksessa ratkaisee vesivoiman käyttömahdollisuuden. Lapuan Sähkö Oy:llä tämä osuus on keskivesivuonna noin viidennes ja Hirvikosken laitoksen yksinään kuudennes. Hirvikosken voimalaitoksen huipputeho peittää silti kolmanneksen vuotuisesta tehohuipusta //.

Lapuan Sähkö Oy:n jakelemasta sähköstä kolmannes käytetään yksityisessä kulutuksessa, neljännes teollisuudessa, viidennes maataloudessa ja loppu palveluissa ja julkisessa kulutuksessa.

5. HYÖTYALUEIDEN SALAOJITUS

I n v e s t o i n n i t . Vesistötöiden turvattua riittävän peruskuivatuksen on keskimääräinen salaojitettun pellon osuus hyötyalueella noussut 22 %:sta 64 %:iin. Tämä merkitsee noin 2500 ha:n salaojitusala ja noin 250 ha:n vuotuista ojitusvauhtia. Salaojituskustannukset Etelä-Pohjanmaalla ovat vuoden 1980 hintatasossa noin 4700 mk/ha /8/. Vertaamalla tätä aikaisempiin tutkimuksiin /9 / on todettu, että salaojituskustannukset ovat nousseet reaalisesti 3 % vuodessa. Kun tämä otetaan huomioon ja oletetaan, että 2500 ha on ojitettu tasaisesti 10 vuoden kuluessa saadaan salaojitusinvestointien nykyarvoksi 12 milj. mk. Hyvin tehdyn salaojituksen kunnossapitokustannukset ovat alhaiset eikä niitä tässä yhteydessä oteta huomioon.

S a l a o j i t u k s e n t u o t o t . Salaojituksen tuotto perustuu lähinnä /8 /:

- lisääntyneeseen pinta-alaan avo-ojien poistuessa
- sarkaojien kunnossapidon poisjäämiseen
- reunavaikutuksen vähenemiseen
- pienentyneeseen ihmis- ja konetyömenekkiin
- ainemenekin vähenemiseen kaksinkertaisen kylvön jäädessä pois

Lisäksi salaojitettu pelto kuivuu usein avo-ojitettua nopeammin, jolloin kasvukausi pitenee. Salaojituksesta saatava markkamääräinen hyöty riippuu ratkaisevasti viljelykasvista. Koska hyötyalueen pellot ovat valtaosaltaan rehuviljan viljelyssä, on salaojitushyöty laskettu rehuviljalle esitetyn hyödyn noin 400 mk/ha mukaan / 8 /. Vuotuisen 250 ha:n salaojitusalan tuotto on siten 100 000 mk/a ja mikäli hyödyn suuruudessa ei tapahdu reaalisia muutoksia, saadaan tässä tutkimuksessa käytetyin korkokannoin ja laskenta-ajoin salaojitushyötyjen nykyarvoiksi 26 milj. mk (4 % 1970...1980 ja 3 % 1981...2010). Salaojitushyöty merkitsee tässä tapauksessa pelkkää toimintaylijäämän lisäystä, sillä se ei sisällä mitään lisäpanoksia.

6. LAPUANJOEN VESISTÖALUEEN METSÄOJITUS

Lapuanjoen vesistöalueen metsäojituksia voidaan pitää vesistötöiden liitännäisinvestointeina, koska metsäojitukset ilman vesistötöitä olisivat ratkaisevasti lisänneet tulvia maataloudessa. Keskustelun sijaa löytyy siitä, kuinka laajasti tehdyt metsäojitukset voidaan ottaa liitännäisinvestointeina huomioon.

Lapuanjoen vesistöalueella on ojitettu kaikkiaan 80 000 ha metsää eli lähes 20 % koko valuma-alueesta. Vuodesta 1960 lähtien on ojitettu yhteensä 60 000 ha, jotka ovat tässä tarkastelussa mukana. Tarkasteltavalla talousalueella on tehty lähes puolet koko vesistöalueen ojituksista ja vuodesta 1960 lähtien noin 28 000 ha. Keskimääräinen ojitusvauhti on ollut koko vesistöalueella 3000 ha/a ja kohdekunnissa 1400 ha/a.

I n v e s t o i n t i k u s t a n n u k s e t. Lapuanjoen vesistöalueella on vuosina 1960...1980 ojitettu yhteensä 60 000 ha eli noin 3000 ha vuosittain. Konekannan paranemisesta johtuen eivät reaaliset ojituskustannukset ole juuri nousseet/10/. Tämän vuoksi ojitusten arvo on voitu laskea vuoden 1980 ojituskustannusten, 380 mk/a, avulla. Metsänparannuslain mukainen kunnossapitovelvollisuus metsäojituksissa kestää 20 vuotta. Tässä tutkimuksessa on oletettu, että metsäojituksen vaikutus lisää puun tuottoa 20 vuotta, jonka jälkeen tehdään täydennysojitus. Täydennysojat tehdään sarkojen keskelle, sillä varhojen ojien varsilla kasvaa yleensä koko ojitusalueen paras puusto. Täydennysojitus on oletettu samanhintaiseksi kuin uudisojituskin, mutta ojitusten väliaikana tehtävää kunnossapitoa ei enää ole otettu mukaan. Näin laskien saadaan metsäojituskustannusten nykyarvoksi 53 milj. mk.

T u o t o t . Metsäojitus lisää puun tuottoa Etelä-Pohjanmaalla keskimäärin 1,5 k-m³/ha. Vuotuisella 3000 ha:n ojitusalalla puun tuotto lisääntyy siten 4500 k-m³/a ja koko ojitusala 60 000 ha, joka on ojitettu vuoteen 1980 mennessä, tuottaa 90 000 k-m³/a. Tämän jälkeen koko ojitusala oletetaan pidettäväksi täydennysojituksin kunnossa siten, että 1980 saavutettu puuntuotto 90 000 k-m³/a saadaan vuoteen 2000 asti, jonka jälkeen tuottava metsäala jälleen pienenee 3000 ha/a. Kaiken kaikkiaan puun tuoton lisäykseksi tulee 3,6 milj. k-m³, mutta se jakaantuu 60 vuoden ajalle. Metsäojituksen jo saaduksi tuotoksi tulee lähes 1 milj. k-m³ puuta ja loppu saadaan tulevaisuudessa. Puun tuotto arvotetaan loppuvuoden 1980 hankintahinnan (125 mk/k-m³) perusteella. Valittu hinta edustaa keskimääräistä suhdannekuvaa ja se on lakettu sen rakennealueen, johon kohdekunnat kuuluvat, puukuutiometrin rakenteen ja eri puutavara-lajien hankintahintojen avulla. Kyseessä on siis puukuutiometrin bruttoarvo valittuna ajankohtana.

Puun tuottoa arvotettaessa on kuitenkin vielä otettava huomioon puun reaalin hintakehitys. Mikäli menneisyyden hintakehitykseksi arvioidaan 4 %/a, saadaan puuston arvo suoraan kertomalla puuston määrä hankintahinnalla, sillä hintakehitys ja nykyarvon laskennassa käytetty 4 %:n korko kumoavat toisensa. Puun tuoton nykyarvoksi saadaan näin vuosina 1960...1980 yhteensä 120 milj. mk. Vuosina 1981...2010 puun hinnassa ei oleteta tapahtuvan reaalista hintakehitystä, vaan nykyarvo lasketaan 3 % korolla. Tulevaisuuden tuottojen nykyarvoksi saadaan näin 250 milj. mk eli metsäojituksen tuottojen nykyarvoksi yhteensä 370 milj. mk. Jos hintakehitykseksi oletetaan 3 %/a kohoaa nykyarvo 80 milj. mk:lla.

Hankintahinnalla laskettu tuoton nykyarvo sisältää eri toimialojen panoksia tehdyn panosrakennelaskelman mukaan yhteensä 160 milj. mk. Näistä työpalkkoja on 140 milj. mk

Talousalueella tehtyjen metsäojitusten tuottojen nykyarvo on 170 milj. mk, lisäpanokset 75 milj. mk sekä työpalkat 66 milj. mk.

7.VIRKISTYSKÄYTÖN LIITÄNNÄISINVESTOINNIT

Varsinaisten vesistötöiden vaikutuksia vesien virkistyskäyttöön ja virkistyskalastukseen on käsitelty aikaisemmin luvussa 3.3.3. Seuraavassa tarkastellaan lyhyesti virkistyskäyttöä varten tehtäviä lisäinvestointeja.

V i r k i s t y s k ä y t ö n p a n o k s e t . Hirvijärven ja Varpulan tekoaltaiden yhteyteen on virkistyskäyttöä varten rakennettu noin 30 kesämökkiä, yleinen uimaranta ja venesatama. Tulevaisuudessa on alueille mahdollista sijoittaa vielä noin 150 kesämökkiä /11/. Em. virkistyskäyttöön jo tehtyjen investointien arvo on 1 milj. mk:n suuruusluokkaa. Tulevaisuudessa tekoaltille rakennettaneen runsaasti lisää kesämökkejä, sillä esimerkiksi läheisen Kyrönjoen tekoallastontit ovat jo miltei kokonaan käytössä. Tonttihintojen, rakentamismahdollisuuksien, kesämökkien keskihintojen ja muiden virkistyskäyttöön liittyvien sijoitusten perusteella on arvioitu, että virkistyskäyttöön liittyvien panosten nykyarvo on korkeintaan 10 milj. mk.

V i r k i s t y s k ä y t ö n t u o t o k s e t . Virkistyskäyttöön tehtävät sijoitukset tähtäävät lähinnä vapaa-ajanvieton tehostamiseen ja sijoituksissa on kyse henkilökohtaisista arvostuksista. Virkistyskäytön tuotosten voidaankin siten katsoa peittävän siihen uhratut panokset.

Kulutuksen kerrannaisvaikutuksen laskeminen. Mikäli kansantalouden tulot lisääntyvät 100 rahalla, käytetään tämä rahamäärä kulutukseen ja investointeihin, joiden kotimaisuusaste kansantalouden tasolla on keskimäärin 70 % (vrt. huoltotase). Tämä merkitsee sitä, että 100:sta rahasta 70 rahaa voidaan edelleen käyttää kulutukseen ja investointeihin. Syntyy ns. kulutuksen kerrannaisvaikutus, joka on geometrisen sarjan muotoa: $100 \times 0,7 + 100 \times 0,7^2 + 100 \times 0,7^3 + \dots$ ja jonka summa (S) saadaan kaavasta: $S = \frac{a}{1-t}$, jossa a on ensimmäinen termi (70) ja t jälkimmäisen termin suhde edelliseen (0,7).

L Ä H T E E T

- /1/ Rautio, Liisa. Tulvasuojelun maataloushyötyjen toteutumisesta Lapuanjoella. Vesihallituksen monistesarjan julkaisu 1981:71. Vaasa 1981.
- /2/ Antila, M. Tulvasuojelutoimenpiteistä ja niiden vaikutuksista maatalouden harjoittamiseen erityisesti Lapuan Alajoen itäpuolella. Helsingin yliopisto, laudaturtyö. Helsinki 1975.
- /3/ Vesihallitus. Pohjanmaan vesistöhankkeiden käyttö. Vesihallituksen asettaman työryhmän ehdotus. Helsinki 1981.
- /4/ Etelä-Pohjanmaan maatalouskeskus. Nurmon maatilatalouden kehittämissuunnitelma. Seinäjoki 1980.
- /5/ Sähköntuottajien yhteistyövaltuuskunta: Vesivoima ja sen rakentamismahdollisuudet. Helsinki 1981.
- /6/ Suomen Sähkölaitosyhdistys ry. Tariffiluettelo 1.1.1981. Helsinki 1981.
- /7/ Lapuan Sähkö Oy, Vuosikertomus vuodelta 1980. Lapua 1981.
- /8/ Tolvanen, M., Torvela, M. Salaojituksen kustannukset ja kannattavuus. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Tiedonanto 81. Helsinki 1981.
- /9/ Muotiala, S. Tulvasuojelu, maankuivatus ja kastelu. Vesirakennus, RIL 92. Helsinki 1973.
- /10/ Tapion vuosikirja eri vuosilta. Helsinki.
- /11/ Hirvijärven ja Varpulan altaiden virkistyskäytön runkosuunnitelma. Vaasa 1976.

26.3.1982

Y H D Y S K U N T A T A L O U D E L L I S E T T E K I J Ä T
V E S I S T Ö J E N M O N I N A I S K Ä Y T T Ö S U U N N I T -
T E L U S S A

1. JOHDANTO

Yhdyskuntatalous on uusi taloustieteen haara, joka tutkii yhdyskuntien toiminnan taloutta kokonaisvaltaisesti yhdyskunnan kaikkien osapuolten kannalta yhdessä. Tieteenhaarana yhdyskuntatalous ei ole saanut vielä kovinkaan kiinteitä muotoja. Käytännössä kuitenkin usein vedotaan yhdyskuntataloudellisiin näkökohtiin.

Nopean kasvun aikakaudella fyysisellä eli maankäytönsuunnittelulla oli varsin keskeinen asema alue- ja yhteiskuntasuunnittelussa. Suunnitelmia tehtiin pikavauhtia ja niitä ryhdyttiin toteuttamaan, vaikka ne eivät olleet valmiitakaan eikä lupa-asiat olleet kunnossa. Tilanne on muuttumassa. Nykyisin suunnittelutoiminta lisääntyy kaikilla sektoreilla. Mm. vesistöjärjestelysuunnitelmista keskusteltaessa voidaan erottaa fyysisen, taloudellisen ja sosiaalisen suunnittelun näkökulmat. Usein täysin vastakkaisten vaatimusten yhteensovittaminen tuottaa ongelmia. Ratkaisua ei löydy ilman erityisponnistuksia. Tässä tilanteessa sektorikohtaiset taloudellisuuslaskelmat eivät riitä, vaan tarvitaan laajempi-alaisia taloudellisuusvertailuja, joissa jopa sosiaalisille seuraamuksille pyritään etsimään taloudellinen arvo tai kustannus.

Aluksi tarkastelen lyhyesti yhdyskuntatalouden sisältöä ja lopuksi eräitä vesistöjen moninaiskäyttösuunnitteluun liittyviä yhdyskuntatalouden näkökohtia.

2. YHDYSKUNTATALOUS

Mielenkiinto yhdyskuntien rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuviin kustannuksiin ja hyötyihin on lähtenyt liikkeelle kahdelta eri taholta. Eräät yhdyskuntasuunnittelijat ovat pyrkineet selvittämään asemakaavojen toteuttamisesta aiheutuvia taloudellisia seuraamuksia. Toisaalta eräät taloustieteilijät ja aluepolitiikasta kiinnostuneet tutkijat ovat huomanneet kaupungistumisen ja maaseutualueiden taantumiseen liittyvien ongelmien suuren taloudellisen merkityksen. Tieteellisissä julkaisuissa alettiin 1960-luvulla puhua erityisestä taloustieteen haarasta 'urban economics'. Sen suomenoksena termi yhdyskuntatalous näyttää tulevan yleiseen käyttöön.

Fyysisessä yhteiskuntasuunnittelussa, maankäytön suunnittelussa, meillä on olemassa hierarkkinen käsitteistö (seutukaava, yleiskaava ja asemakaava), mutta taloudellisessa suunnittelussa vastaavaa yleisesti hyväksyttyä käsitteistöä ei ole. Yhteiskuntasuunnittelun saadessa yhä enemmän toiminnallis-taloudellisia piirteitä sen tarve tulee yhä ilmeisemmäksi. Tällöin voitaisiin käyttää seuraavaa jäsentelyä, joka kytkeytyy fyysisen suunnittelun hierarkiaan alla olevan asetelman mukaan.

Taloudellinen suunnittelu

Kansantalous
Aluetalous
Yhdyskuntatalous
Kaavatalous

Fyysinen suunnittelu

"Valtakunnan kaava"
Seutukaava
Yleiskaava
Asema-/rakennuskaava

Kansantaloudella ymmärretään tällöin valtiollisesti järjestäytyneen kansan (sekä yksityisten että yhteisöjen) taloustoimintaa yhtenä kokonaisuutena, kansan koko talouselämää.

Aluetaloudella ymmärretään hallinnollisilla tai muilla tavoin rajatun seudun, maakunnan tai läänin taloustoimintoja yhtenä kokonaisuutena. Aluetalouden selvityksissä huomionkohteena ovat mm. talouselämän alueelliset riippuvuussuhteet.

Yhdyskuntataloudella ymmärretään kaupungin tai kunnan alueen taloustoimintoja yhtenä kokonaisuutena. Yhdyskuntatalouden selvityksissä huomionkohteena ovat talouselämän riippuvuudet paikallisista tekijöistä.

Kaavataloudella ymmärretään suppeahkon alueen, esimerkiksi asuntoalueen tai teollisuusalueen rakentamisesta aiheutuvien taloudellisten seuraamusten kokonaisuutta.

Yhdyskuntatalous juontaa juurensa toisaalta maaekonomiasta (land economics), joka käsittelee mm. maan hintakysymyksiä, kiinteistömarkkinoita, toimintojen sijoittumista kaupunkiseudulle, ja toisaalta aluetaloudesta (regional economics), joka puolestaan käsittelee mm. teollisuuden sijoittumiskysymyksiä, kaupunkien kasvua, kaupungistumisen vaikutuksia.

Pääkysymyksiä yhdyskuntataloudessa ovat taloudellinen tehokkuus, oikeudenmukainen kohdentuminen, hyvinvointi, elämisen laatu jne. Näiden kysymysten tarkastelu voidaan jakaa mm. kolmeen pääryhmään:

- 1) yhdyskuntien ulkopuoliset riippuvuudet, so. yhdyskunta osana kansantaloudesta, osana kaupunkien muodostamasta järjestelmästä, yhdyskunnan suhde vaikutusalueeseensa;
- 2) yhdyskunnan tai kaupunkiseudun eri osien sisäiset riippuvuudet ja
- 3) yhdyskunnan julkinen talous ja hallinto.

Yhdyskuntataloudessa se osa, joka käsittelee yhdyskuntien riippuvuutta ympäristöstään, rakentuu mm. talousmaantieteilijöiden keskushierarkiatutkimuksiin (Christaller, Lösch ym.) tai taloustieteilijän sijaintiteorioihin (W. Isard). Kun menneinä vuosina monet tutkimukset yleensä perustuivat siihen, että väestö muuttaa työpaikkojen luo, nyttemmin on alettu etsiä mahdollisuuksia siirtää työtä väestön luo. On havaittu, miten yritystasolla tai yksilötasolla tehdyt päätökset sijoittua lähelle suurkeskuksia, aiheuttavat kasaantuvaa kasvua ja että yksittäiset optimiratkaisut saattavat johtaa moniin ongelmiin (ruuhkaantumiseen, saastumiseen yms.), joiden poistaminen vaatii suuria taloudellisia uhrauksia.

Käsiteltäessä yhdyskunnan eri osien sisäisiä riippuvuussuhteita keskeisiä aiheita ovat olleet mm. maankäyttö ja liikennekysymykset. Eri toimintojen sijoittumista kaupunkiseudun eri vyöhykkeille on pyritty selvittämään mm. maankorkoteorian avulla. Kaavoitustyön tai liikenneneratkaisujen yhteydessä tehdyt liikennemääräennusteet ja kustannusvertailut voidaan lukea yhdyskuntatalouden tähän lohkoon.

Yhdyskuntataloudessa keskeisen lohkon muodostaa julkinen talous. Siihen on alettu kiinnittää huomiota varsin myöhään. Ulkomaisessa kirjallisuudessa on käsitelty mm. julkisten palvelujen "tuotantokustannuksia". Tällöin on pyritty etsimään eri palvelusektoreille edullisinta yksikkökokoja ja määrittämään kaupungin optimikokoja.

Julkiset palvelut rahoitetaan pääasiassa verovaroin, joko omasta kunnasta taikka koko maasta kerätyin varoin. Niin meillä kotimaassa kuin ulkomailla jatkuvana kiistan aiheena on, missä suhteessa julkisten palvelujen aiheuttamat kustannukset olisi jaettava paikallishallinnon ja keskushallinnon kesken. Kustannusrasituksen oikeudenmukaiseksi jakamiseksi tarvittaisiin meillä Suomessa perustutkimuksia.

Yhdyskuntataloutta voidaan tarkastella useasta eri näkökulmasta. Voidaan puhua yhdyskunnan mikro- ja makrotaloudesta sekä yhdyskunnan julkisesta taloudesta.

Yhdyskunnan mikrotalous toimii lähellä yritysteorioita, mutta ottaa huomioon alueellisia näkökohtia. Se tutkii mm. kotitalouksien ja yritysten markkinakäyttäytymistä, tonttien hintatasoja, kuljetuskustannuksia, työvoiman saatavuutta jne.

Yhdyskunnan makrotalous tutkii kulutuksen ja investointimenojen käyttäytymistä, alueen vientiä ja tuontia, hallinnon tuloja ja menoja, kokonaistaloudellista tuotantoa, tuloja ja työllisyyttä jne., jotka nähdään yhdyskuntatalouden toimintakyvyn indikaattoreina. Yhdyskunnan makrotalous on erityisesti kiinnostunut yhdyskunnan kasvu- tai taantumisongelmista. Yhdyskunnan vientiä ja tuontia tarkasteltaessa hyvin suuri merkitys on esimerkiksi sillä, onko paikkakunta energiaomavarainen.

Yhdyskunnan julkisen talouden analyysseja hallitsevat kysymykset, mitä maksaa palvelujen tuottaminen, mitkä tekijät vaikuttavat kustannusten suuruuteen, miten kustannusrasitus olisi jaettava ja ketkä lopullisesti maksavat julkiset menot.

3. YHDYSKUNTAKUSTANNUKSET

Yhdyskuntataloudessa voidaan erottaa tulo- ja menopuoli eli hyödyt ja kustannukset. Hyödyt (tuotokset) koostuvat niistä tavaroista, palveluista, asumis- ja virkistäytymismahdollisuuksista, joita yhdyskunta tuottaa. Kustannukset muodostuvat yhdyskunnan rakentamis- ja ylläpitokustannuksista. Niistä voidaan käyttää termiä yhdyskuntakustannukset. Kuvio 1. Yhdyskuntarakentamisen kustannukset koostuvat tuotantoalueiden, asuntojen ja ns. infrastruktuurin rakentamiskustannuksista. Yhdyskunnan vuosikustannukset muodostuvat suoritettujen investointien pääomakustannuksista, rakennusten ja laitosten käyttö- ja ylläpitokustannuksista, palvelukustannuksista sekä liikenne- ja matkakustannuksista.

Vaikka yhdyskuntakustannuksissa on kysymys suurista summista, niistä on saatavissa varsin vähän yksityiskohtaisia tietoja. Yhdyskuntien rakentamiskustannukset vaihtelevat suuresti paikallisten olosuhteiden mukaan. Kustannukset voivat johtua

- maastosta, maaperästä, vesistöesteistä,
- olemassa olevista laitoksista ja laitteista ja niiden käyttöasteesta,
- olemassa olevista rakenteellisista tekijöistä, asutuksesta, kaavasta,
- maahinnasta ja
- eräistä demografisista tekijöistä, muuttajien ja kantaväestön ikärakenteista.

Yhdyskuntien vuosikustannuksissa on niinikään suuria eroja. Varsinkin työmatkaliikenne on eräs hyvin merkittävä ja alati painavammaksi muodostuva kustannustekijä.

Yhdyskuntien kasvukustannukset ovat enemmänkin rajakustannuksia kuin keskiarvokustannuksia. Uusasutuksen vastaanottokustannukset riippuvat yhdyskuntien fyysisistä, teknisistä ja rakenteellisista tekijöistä. Niissä keskeisenä kustannustekijänä on vapaan kapasiteetin määrä. Eräissä palveluissa vapaa kapasiteetti riippuu väestön ikärakenteesta.

Uusasukkaan aiheuttamia infrastruktuurikustannuksia arvioitaessa ongelmallista on erottaa, mitkä investoinnit ovat uusasukkaiden ja mitkä kantaväestön aiheuttamia. Kuvio 2. Ratkaisu vaatii paikallisiin olosuhteisiin perehtymistä.

Uusasukkaan aiheuttamat investoinnit vesihuoltoon, liikenneväyliin, peruskoulurakennuksiin ja maanhankintaan vaihtelivat v. 1978 kuudessa vertailukunnassa Oulun läänissä¹⁾ seuraavasti:

1) P.Littow: Yhdyskuntakustannusten vertailu OY/PSTL C41 1982

vaihtoehto A (1000 uusasukasta), 4 400...12 900 mk/ua
 vaihtoehto B (2000 uusasukasta), 4 700... 9 000 mk/ua
 vaihtoehto C (4000 uusasukasta), 6 500... 9 700 mk/ua

Kuviossta 3 käy myös ilmi päivittäisen työmatkaliikenteen suuri osuus. Jos päivittäinen työmatka yhteen suuntaan on 15 km, siitä aiheutuvat kustannukset/uusasukas 15 vuoden aikana ovat yhteensä suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin uusasukkaan aiheuttamat em. investointikustannukset.

Siirrettäessä väestöä uusille asuinsijoille on heitä varten rakennettava asunnot ja infrastruktuuri. Uuden asunnon hankinnan kohdalla saattaa yllätykseksi muodostua se, että uuden asunnon pääomakustannukset (korot ja kuoletukset tai vuokra) ovat merkittävästi korkeammat kuin vanhassa asunnossa (esimerkiksi aikaisempaa korkeamman laatutason vuoksi). Siirtoasukas voi joutua turvautumaan yhteiskunnan sosiaaliapuun.

Väestön uudelleen asuttamiseen liittyy kysymyksiä, joita ei ole mietitty kovinkaan perusteellisesti. Muuttaja joutuu usein aivan yksin hakemaan uutta asuinsijaa. Entisestä omaisuudesta saatu hyväkin korvaus saattaa kulua matkusteluun ja inflaatio syö siitä osansa eikä uutta kiinnekohtaa löydy. Vesistöjärjestelyihin tulisi kytkeä viranomaisen, jonka tehtävänä olisi auttaa evakuointiin liittyvissä käytännön järjestelyissä.

4. KUSTANNUSHYÖTYLASKELMAT VAATIVAT KEHITTÄMISTÄ

Vaikka vesistöjärjestelyjen toteuttaminen tällä hetkellä näyttää Suomessa miltei mahdottomalta, me emme voi pysäyttää vesistöitä tähän pisteeseen. On tulvivia jokia, on vesipulaa potevia yhdyskuntia, tarvitsemme energiaa (suhteellisesti enemmän asukasta kohti kuin useimmissa muissa teollisuusmaissa). Meidän on kyettävä päättämään, mitä vesistöjärjestelyjä vielä on tehtävissä ja millä ehdoilla. On muistettava, että vesistöhankkeilla on paitsi negatiivisia myös positiivisia vaikutuksia ympäristöön.

Yhdyskuntasuunnittelun luonne on muuttumassa myös siinä suhteessa, että vesistöjärjestelyn täytäntöönpanopäätös ei voi tapahtua yhden tai kahden sektoriviranomaisen näkemyksen mukaisesti. Ratkaisun voivat sanella aivan muut tekijät kuin aikaisempina vuosina on totuttu. Tämä asettaa suunnittelulle paljon monipuolisemmat vaatimukset kuin ennen. Hankkeen kustannushyötyvertailuun on alusta alkaen otettava mukaan monia sellaisia kustannus- ja haittaeriä, joita entisaikojen vesirakentaja jätti juristien hoidettavaksi jälkikäteen.

Kustannushyötyvertailuista muodostuu entistä monimutkaisempia; muuttuvia kustannustekijöitä on paljon; niiden etukäteisarviointi on vaikeaa. Tarvitaan tieteellisluontoista perusselvitystä.

Ennen kuin haitan määrät voidaan edes likimain arvioida, täytyy teknisiä suunnitelmia viedä melko pitkälle. Kaiken lisäksi vertailulaskelmat on osattava esittää ymmärrettävässä muodossa, sillä mitä ei ymmärretä, siihen ei nykyisin uskota.

Kustannushyötyvertailujen laadulliseen tasoon on kiinnitetty huomiota myös OECD:ssä ja sen johdolla ollaan kehittämässä vesistöjen moninaiskäytön arviointiohjetta, jossa tarkastellaan vesistöhanketta taloudellisesta, sosiaalisesta ja ympäristöllisestä näkökulmasta.

Vesistöjärjestelyn taloudellisia seuraamuksia arvioitaessa keskeinen periaate on selvittää hankkeen aiheuttamat muutokset niin hyötyinä kuin haittoina. On laskettava lisätulojen ja lisämenojen erotus tai suhde. Tämä siis edellyttää vertailuun mukaan otettavien asioiden arviointia tilanteessa, jolloin hanke toteutetaan ja tilanteessa, jolloin sitä ei toteuteta.

Vesistöhanke palvelee usein hyvin monta eri tarkoitusta ja sillä on vaikutuksia monelle eri intressiryhmälle. Taulukossa 1 on esitetty kuvitellun säännöstelyaltaan ja voimalaitoksen rakentamisesta aiheutuvat hyödyt ja kustannukset. Esitetyt luvut ovat täysin mielivaltaisia. Hyötyjen ja kustannusten suhde on $(6700/6600)$ 1.015. Hanke kokonaisuudessaan on kannattava. Se edellyttää kuitenkin valtion avustusta (2800), jolla rahoitetaan osa rakentamiskustannuksista (1000) ja maksetaan maanomistajille lunastus- ja korvausmaksuja (1800). Valtio saa työttömyyskorvausten säästönä osan takaisin (700). Kunta hyötyy käyttöveden saannissa ja veroina 1200 ja joutuu kustantamaan infrastruktuuria 800:lla. Tulvavahinkojen vähenemisen vuoksi eräät maanomistajat hyötyvät 2000.

Yhdyskuntataloudellisia eriä tässä taulukossa sisältävät sarakkeet Kunta, Maanomistajat, Muut suorittajat. Jos hanke sijaitsee useamman kunnan alueella, nämä sarakkeet jakautuvat ao. kuntia käsittäviksi sarakkeiksi. Sarakkeessa 'Yritys' olevat erät on luettava yhdyskuntatalouteen riippuen siitä, onko yrityksen kotipaikka ao. kunnassa. Yhdyskuntatalouden tulojen kannalta varsin merkittävää on se, jääkö energian tuotoksena saatu (3000) kuntaan vai meneekö se energiamaksuna kunnasta pois.

Ennen kuin tällainen yhdistelmätaulukko voidaan laatia, on ratkaistava monia arviointiteknisiiä ongelmia, kuten

- hyötyjen ja kustannusten rajaaminen,
- laskentakauden pituus,
- varjohinta/markkina-arvo,
- laskentakoron suuruus/inflaatio,
- hyötyjen ja kustannusten jakautuminen jne.

1) OECD 1979, Co-operative Action Programme, Joint Activity On Multipurpose Hydraulic Projects

Eräiden vaikutusten selvittämisessä ei riitä, että arvioidaan hankkeen synnyttämän tilanteen ja lähtökohtatilanteen välinen ero, vaan on kyettävä vertaamaan hankkeen synnyttämää tilannetta siihen tilanteeseen, johon mennään joka tapauksessa, toteutettiinpa hanke tai ei. On siis pystyttävä arvioimaan, mikä muutos on hankkeen aikaansaamaa ja mikä muusta syystä johtuvaa. Näin joudutaan syventymään moniin laajoihin yhteiskunnallisiin ja sosiaalisiin kysymyksiin.

Se, miten sosiaalisia kysymyksiä tulisi lähestyä vesistöjärjestelyhankkeissa, käy ilmi OECD:n raportista. Tehtävät on vaiheistettu varsin yksityiskohtaisesti ja julkinen käsittely tulee mukaan varhaisessa vaiheessa. Taulukko 2.

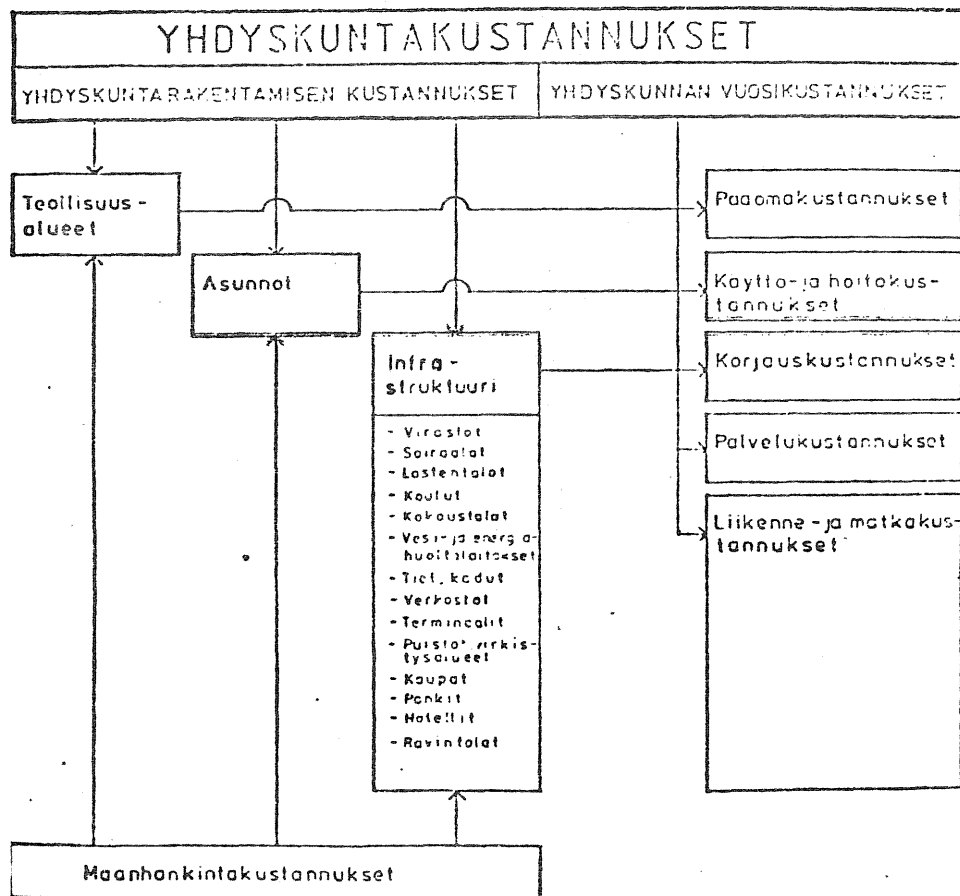
Useisiin sosiaalisiin ongelmiin liittyy myös taloudellisia seuraamuksia. Ne voivat suuntautua kuntaan, lääneihin tai koko valtakuntaan. Jotkut ilmenevät heti, mutta jotkut vasta vuosien päästä. Taloudellisten seuraamusten laajempaan käsittelyyn ei tässä yhteydessä ole mahdollisuuksia. Tällä lohkolla tarvittaisiin perustutkimusta. Mm. yhdyskuntatalouden sektorilla ollaan ottamassa vasta ensiaskeleita.

Yhteenvetona vesistöjen moninaiskäyttösuunnittelusta toteaisin seuraavaa:

1. Eri intressipiirien vaatimusten yhteensovitus vaatii koordinoitua yhteistyötä, jossa tasapuolisina asiantuntijoina ovat mukana mm.
 - vesirakentajat,
 - energia-asiantuntijat,
 - kalatalousasiantuntijat,
 - maatalousasiantuntijat,
 - sosiologit ja
 - ekonomistit.
2. Moninaiskäyttösuunnitteluun liittyvien ongelmien ratkaisemiseksi on kyettävä käynnistämään tieteellisluontoista perusselvitystä. Mm. yhdyskuntataloudellista tutkimusta on lisättävä.
3. Useita eri tieteen-, tekniikan- ja hallinnonaloja koskevan laaja-alaisen projektin johtaminen vaatii aivan erityistä huomiota osakseen.

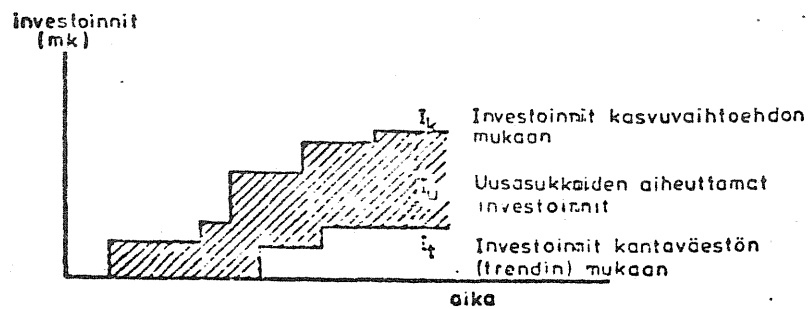
1.

YHDYSKUNTAKUSTANNUKSET



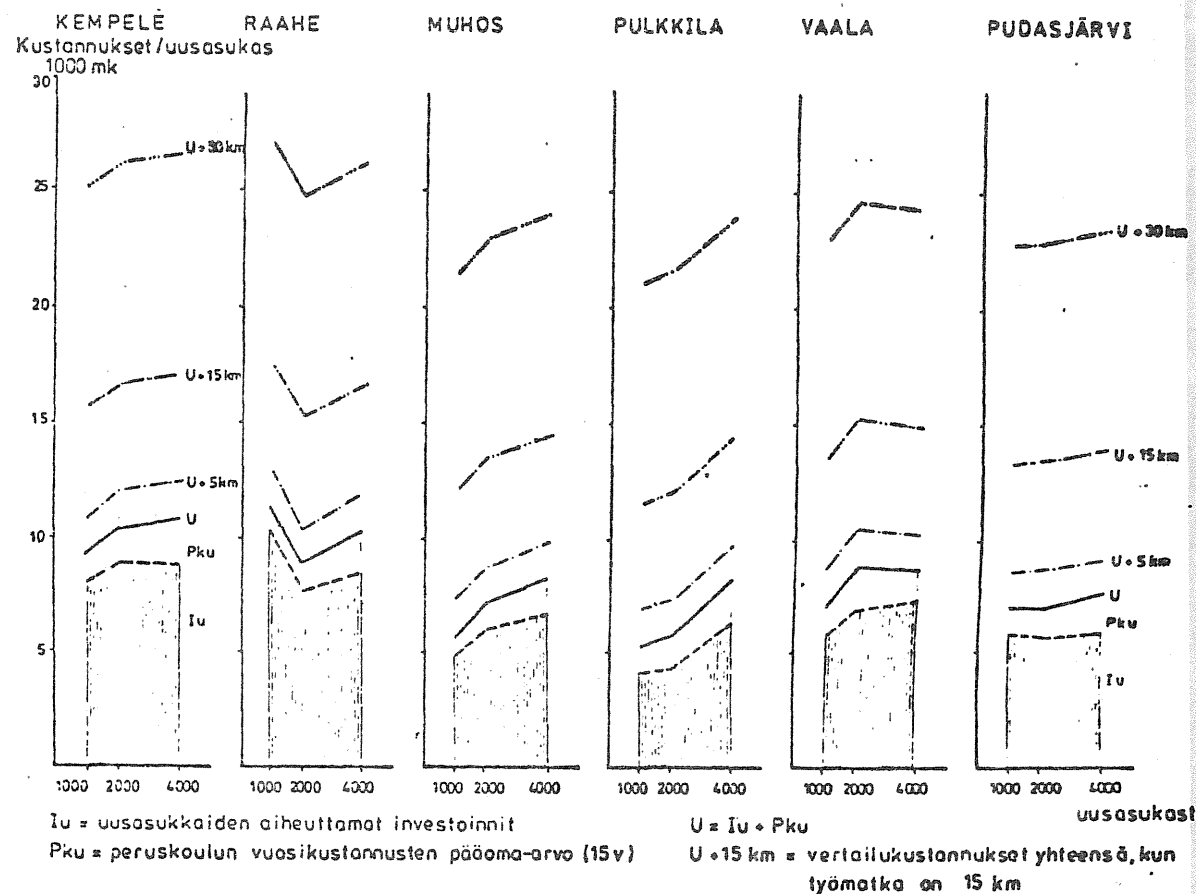
2.

KANTAVÄESTÖN JA UUSASUKKAIDEN AIHEUTTAMAT INFRA-STRUKTUURI-INVESTOINNIT



3.

UUSASUKKAIDEN AIHEUTTAMAT VERTAILUKUSTANNUKSET ERIKSEEN (U) JA YHDESSÄ TYÖMATKAKUSTANNUSTEN KANSSA



TAULUKKO 1. Yhdistelmä hyödyistä (H) ja kustannuksista (K) x-vesistöhankeessa

	Valtio		Kunta		Yritys		Maanomist.		Muut		Yhteensä	
	H	K	H	K	H	K	H	K	H	K	H	K
Energia					3000						3000	
Vesihuolto												
- käyttöv.			1000								1000	
- kastelu												
Tulvasuoj.												
- maatal.							2000				2000	
- metsätal.												
Kalatal.								600				600
Virk.matk.												
Asunnot								1200				1200
Infrastr.				800								800
Tyött.	700										700	
Rakentamis-, lunastus- ja käyttökustannukset						4000						4000
Avust.		2800			1000		1800				-	-
Verot			200					200			-	-
Yhteensä	700	2800	1200	800	4000	4000	3800	2000			6700	6600

TAULUKKO 2. Sosiaalisten kysymysten käsittelyjärjestys
vesistöjärjestelytoimituksessa

Vaihe 1. Projektin alustava käsittely

1. Määritä yleiset sosiaaliset näkökohdat, jotka voivat olla tärkeitä projektin kannalta ja yritä suhteuttaa ne projekti-ideaan.
2. Selvitä, mikä on yleinen mielipide projekti-ideasta.
3. Laadi luettelo yleisistä yhteiskunnallisista kysymyksistä ja analysoi niitä hankkeen kannalta.
4. Kirjoita raportti näistä kysymyksistä ja suosittele tutkimusten jatkamista tai lopettamista.



Vaihe 2. Yhteiskunnallisten laitosten valinta

1. Poimi instituutionaaliset toimenpiteet, jotka liittyvät suunnittelutehtävään.
2. Käynnistä julkinen osallistuminen.



Vaihe 3. Vaihtoehtojen alustava määrittely, suunnittelu ja käsittely

1. Viimeistele luettelo sosiaalisista aiheista, joita on otettava seurantatarkkailuun mukaan.
2. Luetteloi ja kokoa olemassa olevat tiedot.
3. Määritä ja muotoile tärkeät sosiaaliset tavoitteet.
4. Laadi alustava luettelo arviointitekijöistä.
5. Kuvaile alustavasti väestörakenne.
6. Ota yhteys väestöön ja poliittisiin johtajiin ja pyri saamaan täydentävää informaatiota vaiheen 3 kohtiin 1, 3, 4 ja 5.
7. Luonnostele alustavat numeeriset ennusteet arviointitekijöistä.

8. Esitä ideoita sosiaalisten tutkimusten lisäämiseksi ja entisten tarkentamiseksi.
9. Luonnostele rajauskriteereitä projektivaihtoehtojen alkuarviointia varten.



Vaihe 4. Projektivaihtoehtojen asteittainen eliminointi

1. Aloita sosiaalinen seurantatyö, ota mukaan niin monta aihetta kuin mahdollista (vaihe 3 kohta 1).
2. Käynnistä täydentävät tutkimukset (3/8), kirjoita selostus.
3. Valitse uusia arviointimuuttujia projektivaihtoehtojen rajaamista varten sosiaalisen seurantatyön ja lisätutkimusten perusteella.
4. Kuvaile sosiaalisten seikkojen yhteisvaikutuksia.



Vaihe 5. Lopullisten vaihtoehtojen valinta päätöksentekijöille esittämistä varten

1. Laadi yksityiskohtainen vaikutusanalyysi sosiaalisuudesta.
2. Täydennä vaihtoehtokuvauksia, käytä kaikkea saatavissa olevaa informaatiota.
3. Neuvottele yleisön kanssa julkisuudessa.
4. Käytä uutta ennakoititekniikkaa yksityiskohtien kuvaamiseksi (mallit).
5. Esitä päätöksentekijöille ja yleisölle projektin sosiaaliset tulevaisuuden kuvaukset.



Vaiheet Lopullisen päätöksenteon arviointi, ohjelmointi, suunnittelu ja täytäntöönpano

1. Viimeistele valitun projektivaihtoehdon toteutusohjelma aikatauluineen.
2. Valmista yksityiskohtaisia työmenetelmiä koskevat työkirjat.





Vaihe 9. Jälkianalyysi ja palaute

1. Arvioi sosiaaliset seuraamukset ja tuo ne tiedoksi rakentamis- ja käyttöportaaseen.
2. Suorita loppuarviointi sosiaalisista seuraamuksista.

100

100